

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ

УДК 620.22 - 419.8: 620.179.152

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Абрамов Максим Сергеевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт кафедры физических методов и приборов контроля качества	Капранов Борис Иванович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. менеджмента ИСГТ	Чистякова Наталья Олеговна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ ИНК	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д.ф.-м.н.		

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	<i>Профессиональные компетенции</i>
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества
P4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе
P6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции
	<i>Универсальные компетенции</i>
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки 12.03.01. Приборостроение

Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:

Зав.кафедрой ФМПК

Суржиков А.П.

(подпись)

(дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2А	Абрамову Максиму Сергеевичу

Тема работы:

Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ

Утверждена приказом директора

11.12.2015, №9729/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

07.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект разработки: Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ Предмет исследования: Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ Средство контроля: Детекторная матрица Shad-o-Box Вредных влияний на окружающую среду нет. Экономический анализ исследования.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	- Анализ литературных источников освоение принципов цифровой радиографии, детекторов, композиционных материалов. - Подготовка эксперимента, оптимизация режимов для проведения цифровой радиографии для композитов. - Рассмотрение вопросов социальной ответственности и финансового менеджмента - Выводы о достижении поставленной цели
Перечень графического материала	Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2007
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Социальная ответственность	Консультант Чистякова Наталья Олеговна, заведующий кафедрой менеджмента Мезенцева Ирина Леонидовна, ассистент кафедры ЭБЖ
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт кафедры физических методов и приборов контроля качества	Капранов Борис Иванович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Абрамов Максим Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2А	Абрамову Максиму Сергеевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. Стоимость ресурсов для исследования цифровой радиографии
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	2. Нормы и нормативы расходования ресурсов
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения при помощи технология QuaD
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	2. Планирование научно-исследовательских работ: – структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования (НТИ).
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой менеджмента	Чистякова Наталья Олеговна	кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Абрамов Максим Сергеевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2А	Абрамову Максиму Сергеевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Объектом исследования является цифровая радиография. Рабочей зоной является научная лаборатория. Областью применения является образец из композиционного материала

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

Вредными факторами при работе в помещении являются:

-Воздействие вредных веществ, неблагоприятные условия, недостаточная освещенность, электромагнитное излучение, ионизирующие излучение.

Опасные факторы: Травмы вследствие неаккуратного обращения с оборудованием для контроля детекторной матрицей Shad-o-Box .

2. Экологическая безопасность:

Влияние на литосферу, после некоторого периода времени образуются опасный мусор в виде комплектующих персонального компьютера.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера.</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль над исправностью работы в помещении.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2А	Абрамов Максим Сергеевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего Контроля
Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
Уровень образования Бакалавриат
Кафедра физических методов и приборов контроля качества
Период выполнения _____ (весенний семестр 2015/2016 учебного года)
Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.01.2016	Составление обзора литературы	
12.02.2016	Подготовка образцов	
10.03.2016	Проведение эксперимента	
15.03.2016	Оформление результатов эксперимента	
03.04.2016	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
20.04.2016	Написание раздела «Социальная ответственность»	
30.04.2016	Написание раздела «Заключение»	
03.05.2016	Защита Учебно-исследовательской работы студентов	
25.05.2016	Выступление на VI всероссийской научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность»	
01.06.2016	Оформление ВКР	

Составил руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ведущий эксперт кафедры физических методов и приборов контроля качества	Капранов Борис Иванович			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	Доктор физ.-мат. наук, профессор		

Реферат

Выпускная квалификационная работа на тему «Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ» состоит из документа, выполненного на 72 страницах. Текстовый документ содержит 15 таблиц, 24 рисунка.

Ключевые слова: цифровая радиография, композиционный материал, рентгеновское излучение, цифровые детекторы, экспозиция, оптическая плотность, коэффициент пропускания, сенситограмма.

Объектом исследования является оптимизация режимов цифровой радиографии полимерных композиционных материалов типа УУКМ.

Цель работы – Получить характеристическую кривую, зависимость количества экспозиций от числа яркости.

В процессе выполнения работы были изучены теоритические и прктические знания, освоен принцип работы с детекторной матрицей/

Проведение работы происходили на детекторной матрице Shad-o-Box.

В результате получили график зависимости количества экспозиции и количества яркости.

Область применения – цифровая радиография композиционного материала.

Abstract

Final qualifying work on "Optimization of modes of digital radiography for the control of products from polymeric composite materials such as CCC" consists of a document executed on 72 pages. Text document contains 15 tables, 24 figures.

Key words: digital radiography, composite, x-rays, digital detectors, exposure, absorbance, transmittance, sensitogramma.

The object of the study is to optimize the modes of digital radiography polymer composite materials such as CCC.

Purpose - Get characteristic curve, the dependence of the number of exposures of the number of brightness.

In carrying out the work we have been studied theoretically and prkticheski knowledge and learn the principles of work with the detector array /

Carrying out the work took place on the detector array Shad-o-Box.

The result was plotted and the amount of the exposure amount of brightness.

Scope - digital radiography composite material.

Определения, обозначения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Радиографический метод.
2. ОСПОРБ-99 Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения.

Цифровая радиография: Совокупность методов неразрушающего контроля, при которых изображение, получаемое с помощью ионизирующего излучения, преобразовывается в цифровой сигнал. Этот сигнал сохраняется в памяти компьютера и обрабатывается. Полученное изображение воспроизводится на экран монитора и непосредственно обрабатывается оператором(масштабирование, контрастирование и т.д)

Композиционный материал: искусственно созданный неоднородный сплошной материал, состоящий из двух и более компонентов с четкой границей раздела между ними.

Рентгеновское излучение: электромагнитные волны, энергия фотонов которых лежит на шкале электромагнитных волн между ультрафиолетовым излучением и гамма излучением.

Цифровые детекторы: Детектор качества сигнала данных, предназначенный для обработки цифрового сигнала данных

Экспозиция: Количество освещения, сообщаемое фотоматериалу для получения изображения. Количество освещения оценивается произведением освещенности фотоматериала на время, в течение которого свет действует на фотоматериал.

Оптическая плотность: мера не прозрачности. Оптическая плотность фотографического изображения выражается обратным логарифмом коэффициента пропускания.

Коэффициент пропускания: отношение прошедшего света к падающему

Сенситограмма: Проявленное изображение, состоящие из ряда полей с постепенно нарастающими почернениями.

Оглавление

Введение:.....	14
1. Цифровая радиография.	15
1.1 Преимущества и недостатки метода.....	17
1.2 Характеристики и параметры радиографии	19
1.3 Принципы действия цифровой радиографии.	22
2. Получение изображений.	23
2.1 Общие принципы.....	23
2.2 Цифровые детекторы преобразования рентгеновского излучения.	25
2.3 Основы сенситометрии	28
3. Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ.	32
3.1. Общие сведения.	32
3.2. Получение результатов.....	33
3.3. Построение графика.....	43
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
4.1 Технологий QuaD	45
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	47
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	59
5. Раздел «Социальная ответственность».....	61
Введение.....	61
5.1 Производственная безопасность.....	62
5.2 Экологическая безопасность.....	66

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	67
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности... ..	68
Заключение	71
Список публикаций студента.....	72
Список использованных источников	73

Введение:

В промышленности широкое распространение получили методы контроля качества материалов и изделий без их разрушения, которые обеспечивают выявление скрытых дефектов, во многих случаях поддаются автоматизации и позволяют существенно повысить качество готовой продукции и увеличить производительность контрольных операций. Эти методы обладают высокой чувствительностью, обеспечивают безопасность и безаварийность работы агрегатов и конструкций. Применение методов НК способствуют повышению надежности и долговечности изделий.

Беспленочная радиография является формой рентгеновского формирования изображения, где цифровые сенсоры рентгеновских лучей используются вместо традиционной пленки. Схема контроля строиться также, как и в радиографии, только вместо рентгеновской пленки применяются высококонтрастные гибкие многоразовые фосфорные пластины, слабо чувствительные к свету.

Главное отличие фосфорных пластин от рентгеновской пленки это возможность многократного их использование (несколько тысяч раз без потери качества).

Метод цифровой радиографии сочетает достоинства радиографии и рентгенотелевидения. Это, с одной стороны, присуще рентгенотелевидению оперативность контроля, электронная обработка и архивирование изображение, исключение расходных материалов и процессов химической обработки, а с другой стороны возможность исследование любых объектов неограниченных габаритов.

Использование беспленочной радиографии на сегодняшний день очень актуально. С помощью нее проводят коррозионные исследования в трубах, обследуют клапаны, оперативный контроль для сложных форм, с затруднительным доступом и т.д.

Указанные качества делают беспленочную радиографию перспективным методом для промышленного применения.

1. Цифровая радиография.

Цифровая радиография – совокупность методов неразрушающего контроля, при которых изображение, получаемое с помощью ионизирующего излучения, преобразовывается в цифровой сигнал. Этот сигнал сохраняется в памяти компьютера и обрабатывается. Полученное изображение воспроизводится на экран монитора и непосредственно обрабатывается оператором (масштабирование, контраст и т.д.)

Радиографические методы радиационного контроля основаны на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или запись этого изображения на запоминающем устройстве.

Радиографический контроль применяют для выявления в сварных соединениях трещин, непроваров, пор, шлаковых, вольфрамовых, окисных, и других включений, также для выявления прожогов, подрезов, оценки величины выпуклости и вогнутости корня шва.

различным видам обработки (масштабирование, контрастирование и т.д.).

В радиографии возможно получении аналогового и цифрового изображений. Примеры аналогового изображения: радиографический снимок, изображение на сцинтилляционном кристалле, флуоресцентном экране, рентгеновском электроннооптическом преобразователе и изображение на дисплее. Аналоговые изображения могут являться основой для получения цифрового изображения. Для оцифровывания необходимо проквантовать аналоговое изображение по яркости (интенсивности). Сначала устанавливается уровень черного цвета (наиболее низкая интенсивность) и уровень белого цвета (наиболее высокая интенсивность). Образованный диапазон яркости разбивается (квантуется) на определенное количество областей (уровней).

Цифровая радиография обеспечивает пространственное разрешение 10-12 линий на 1 мм. По этому показателю цифровое изображение несколько уступает аналоговому, однако обладает рядом важных преимуществ. Главное из них – высокое контрастное разрешение в расширенном динамическом диапазоне, что обеспечивается многократным масштабированием оцифрованного изображения.

Наиболее распространены системы на основе оцифровывания изображений, полученных на пленочных материалах, а также системы, использующие запоминающие люминофоры.

Цифровое изображение, сформированное в результате оцифровывания радиографического снимка, обрабатывается с целью улучшения качества изображения или с целью определения характеристик дефектов (размеров, ориентации и координат).

Существующие системы цифровых радиографических методов располагают широким набором различных функций для оптимизации параметров изображения, полученного после оцифровывания аналогового изображения, в частности:

- Масштабирование выделенной области изображения
- Изменение яркости и контрастности
- Получение псевдоцветного изображения
- Применение цифровых фильтров
- Автоматизированный поиск дефектов и определение их характеристик.

Оцифрованное изображение сохраняется на жесткий диск или другой магнитный носитель для его хранения в базе данных, что многократно уменьшает объем архива по сравнению с носителями аналоговых изображений. Использование удобных систем поиска позволяет быстро найти необходимое изображение.

Цифровая радиография на основе люминесцентных запоминающих экранов

Метод основан на получении рентгеновского изображения на экране, покрытом специальным люминофорным веществом. Экран, как и рентгеновская пленка, устанавливается за объектом исследования. Во время экспозиции экран накапливает энергию ионизирующего излучения, в результате чего формируется скрытое изображение, способное сохраняться в течение длительного времени (до шести часов). После завершения экспонирования экран помещается в сканер, считывающий скрытое в пластине изображение с помощью инфракрасного лазера. Лазер стимулирует свечение люминесцентного вещества вследствие высвобождения накопленной энергии в виде световых вспышек. Свечение пропорционально количеству квантов, поглощенных люминофором при контроле материала. Вспышки видимого света преобразуются с помощью фотоэлектронного умножителя в электрические сигналы с последующим формированием с помощью АЦП (аналога-цифрового преобразователя) цифровых данных, которые образуют матрицу с яркостными показателями всех пикселей. Полученное цифровое изображение при необходимости оптимизируется, масштабируется и сохраняется.

1.1 Преимущества и недостатки метода

Преимущества метода цифровой радиографии по сравнению с пленочным методом.

- Высокая скорость получения изображения;
- Исключение трудоемкого процесса обработки пленки в фотореактивах;
- Уменьшение доз облучения, необходимых для экспонирования, по сравнению с пленкой;
- Широкий динамический диапазон позволяет исследовать материал объектов, имеющих большую толщину или сложную форму;
- Пластина для формирования изображения является многоразовой; допустимо последовательное экспонирование до десяти тысяч изображений;
- Имеется возможность архивирования информации на различных носителях, при этом срок хранения практически неограничен; при необходимости можно получать требуемое количество копий и использовать сети для передачи изображений;
- Пластины позволяют напрямую получать цифровые изображения, минуя этап использования оборудования для оцифровывания рентгеновских пленок.

Недостатки метода:

- Качество изображений, полученных с помощью запоминающих экранов, приблизительно соответствует качеству фотографических изображений, полученных с помощью среднезернистой высокочувствительной пленки типа D7, что сужает сферу применения данного метода;
- Наблюдается «ход с жесткостью» - зависимость чувствительности от энергии («жесткости») излучения. По мере увеличения энергии ионизирующего излучения время экспозиции возрастает, а чувствительность снижается;
- Значительная стоимость применяемого оборудования;
- Высокие требования к квалификации специалистов, эксплуатирующих и обслуживающих технику.

К преимуществам цифровых рентгенографических систем относятся следующие четыре фактора: цифровое отображение изображения; пониженная доза облучения; цифровая обработка изображений; цифровое хранение и улучшение качества изображений.

Рассмотрим первое преимущество, связанное с отображением цифровой информации. Разложение изображения по уровням яркости на

экране становится в полной мере доступным для пользователя. Весь диапазон оптических яркостей может быть использован для отображения лишь одного участка изображения, что приводит к повышению контраста в интересующей области. В распоряжении оператора имеются алгоритмы для аналоговой обработки изображения с целью оптимального использования возможностей систем отображения.

Это свойство цифровой рентгенографии также дает возможность снизить лучевую нагрузку на пациента путем уменьшения количества рентгенограмм для получения диагностической информации (той же полезности). Цифровое отображение при его компьютерной обработке позволяет извлечь количественную и качественную информацию и таким образом перейти от интуитивно-эмпирического способа изображения к объективно измеренному. Существенным преимуществам цифровой рентгенографии перед экранно-пленочным процессом являются простота и скорость получения изображения. Изображение становится доступным анализу врачом-рентгенологом в момент окончания экспозиции.

Второе преимущество цифровой рентгенологии — возможность снижения дозы облучения. Если в обычной рентгенологии доза облучения зависит от чувствительности приемника изображения и динамического диапазона пленки, то в цифровой рентгенологии оба этих показателя могут оказаться несущественными. Снижения дозы можно достичь установкой экспозиции, при которой поддерживается требуемый уровень шума в изображении. Дальнейшее уменьшение дозы возможно путем подбора такой длины волны рентгеновского излучения, которая обеспечивала бы минимальную дозу при данном отношении сигнал/шум, а также путем ликвидации любых потерь контраста с помощью описанных выше методов отображения цифровых изображений.

Третье преимущество цифровой рентгенологии - это возможность цифровой обработки изображений. Рентгенолог должен выявить аномальные образования на осложненной фоном нормальной структуре биоткани. Он может не заметить мелких деталей в изображении, которые система разрешает, или пропустить слабоконтрастную структуру, видимую на фоне шумов изображения, из-за сложного строения окружающих (или сверхлежащих) тканей. Субстракционный метод в рентгенографии позволяет устранить большую часть паразитной фоновой структуры и тем самым увеличить вероятность выявления важных деталей на рентгенограмме. Компьютерную томографию можно рассматривать как частный случай метода субстракционной рентгенографии, в котором из обычных проекционных изображений устраняется информация о вышележащих структурах.

Особенная ценность применения цифровой рентгенографии заключается в возможности полного отказа от рентгеновской пленки и связанного с ней фотохимического процесса. Это делает рентгенологическое исследование экологически чище, а хранение информации в цифровом виде позволяет создать легкодоступные рентгеновские архивы. Новые количественные формы обработки информации открывают широкие возможности стандартизации получения изображений, приведения их к стандарту качества в момент получения и при отсроченных повторных исследованиях. Немаловажна открывающаяся возможность передачи изображения на любые расстояния при помощи средств компьютерных коммуникаций. Приведенные соображения с достаточной наглядностью демонстрируют прогрессивность внедрения в практику цифровой рентгенографии, которая сможет перевести диагностическую рентгенологию на новый более высокий технологический уровень. Отказ от дорогостоящих расходных материалов обнаруживает и ее высокую экономическую эффективность, что в сочетании с возможностью уменьшения лучевых нагрузок

1.2 Характеристики и параметры радиографии

Радиографическая чувствительность

Одним из наиболее важных вопросов в радиографии является чувствительность метода, определяющая конкретное применение радиографического метода и его возможности

Радиографическая чувствительность характеризует выявляемость дефектов методом радиографии. Так как реальные дефекты имеют три изменения одно в направлении просвечивания и два в плоскости, перпендикулярной направлению просвечивания, то в соответствии с этим радиографическая чувствительность характеризуется двумя параметрами чувствительностью в направлении просвечивания контрастной чувствительностью и чувствительность в направлении, перпендикулярном просвечиванию разрешающей способностью, называемой иногда детальной чувствительностью. Дефект будет выявлен в том случае, если одновременно достигнута необходимая контрастность и детальная чувствительность.

Контрастная чувствительность

Контрастная чувствительность радиографического метода определяет минимальный размер дефекта в направлении просвечивания (глубину дефекта), выявляемого по радиограмме. Абсолютная чувствительность равна размеру минимального дефекта, однако в практике радиографии принято обычно выражать контрастную чувствительность метода относительной величиной. Относительная контрастная чувствительность равна отношению размера минимального дефекта в направлении

просвечивания к толщине контролируемого объекта и выражается уравнением

$$\frac{\Delta\delta}{\delta} = 2.3 \frac{\Delta D}{\mu\delta\gamma_D} \quad (1)$$

где ΔD - минимальный контраст снимка, воспринимаемый глазом, безразмерная величина; $\Delta\delta$ - размер минимального дефекта, мм; δ - толщина контролируемого объекта, мм; μ - линейный коэффициент ослабления излучения в материале объекта, см^{-1} ; γ_D - контрастность пленки

(тангенс угла наклона характеристической кривой пленки в точке, соответствующей оптической плотности снимка D), безразмерная величина.

Эта формула получена в предположении геометрии узкого пучка и отсутствии ослабления излучения в самом дефекте. Практически радиографирование осуществляется широким пучком излучения, а дефекты в контролируемом изделии могут быть заполнены поглощающими материалами. Поэтому реальная контрастная чувствительность будет значительно ниже.

Если допустить, что реально различимый глазом минимальный контраст снимка ΔD примерно равен 0,02, а контрастность рентгеновских пленок в области нормальных экспозиций γ_D примерно равна 3,5 то относительная контрастная чувствительность приближенно выражается формулой

$$\frac{\Delta\delta}{\delta} = 0.01 \frac{B(\mu\delta)}{\mu\delta} \quad (2)$$

Чем меньше величина относительной контрастностью чувствительности тем выше контрастная чувствительность и следовательно, тем лучше выявляемость дефекта на радиограмме. Контрастная чувствительность зависит от радиографической контрастности контролируемого объекта и от контрастности снимка.

Геометрическая чувствительность (разрешающая способность) Геометрическая чувствительность радиографического метода определяет способность метода получить раздельное изображение двух близко лежащих точек и характеризуется минимальным размером дефекта в области, перпендикулярной направлению просвечивания (шириной дефекта), выявляемым по радиограмме. Разрешающая способность радиографического метода зависит от разрешающей способности детектора излучения (рентгеновской пленки), но в основном - от геометрических условий радиографирования (от геометрической схемы просвечивания), которые определяют четкость изображения на снимке.

Чем выше четкость снимка, тем лучшая разрешающая способность достигается при радиографировании и, следовательно, тем лучше выявляются дефекты на радиограмме.

Контрастность радиограмм

Контрастность радиограмм определяется разностью оптических плотностей соседних участков радиограммы, соответствующих дефектным и бездефектным местам контролируемого объекта. Контрастность снимка зависит от радиографической контрастности просвечиваемого объекта и от контрастности применяемых рентгеновских пленок.

Четкость снимка

Четкость снимка, или резкость перехода на снимке от одной оптической плотности к другой, определяется шириной границы между двумя участками снимка с различными оптическими плотностями. Четкость изображения на снимке зависит от геометрической схемы радиографирования и от зернистости изображения.

Радиографическая контрастность контролируемого объекта

Радиографическая контрастность контролируемого объекта характеризует изменение интенсивности ионизирующих излучений в процентах, вызванное дефектом размером или соответствующей разностью толщины объекта в различных местах.

Контрастность детекторной матрицы

При радиографировании материалов и изделий контрастность рентгеновской пленки выбирают в зависимости от радиографической контрастностью контролируемого объекта, применяемого излучения, фолы и экранов.

При просвечивании материала, имеющего приблизительно одинаковую толщину по всему просвечиваемому участку (т. е. низкую радиографическую контрастность), интервал интенсивностей прошедшего излучения будет мал. В этом случае применяют высококонтрастные рентгеновские пленки, позволяющие получить снимки с удовлетворительной контрастностью и обладающие наивысшей радиографической чувствительностью. Если же радиографическая контрастность контролируемого изделия велика, то интервал интенсивностей прошедшего излучения будет широк и просвечивание производится на малоконтрастную пленку. В этом случае, чтобы выявить детали на всех участках радиограммы, целесообразно применять специальные приемы, понижающие радиографическую контрастность объекта (например, увеличение энергии излучения) даже за счет некоторого ухудшения радиографической чувствительности.

Геометрические условия радиографирования

Геометрические условия радиографирования определяются рядом величин: фокусным пятном Φ (проекция источника излучения на плоскость просвечивания), фокусным расстоянием F (расстояние от источника излучения до пленки), положением дефекта и его ориентацией. От геометрических условий радиографирования зависит геометрическая нерезкость изображения и, следовательно, разрешающая способность метода.

В практике радиографирования геометрические условия выбирают таким образом, чтобы чувствительность метода и его разрешающая способность были оптимальными.

1.3 Принципы действия цифровой радиографии.

1. Кассета с запоминающей пластиной экспонируется аналогично пленке, т.е. располагается за объектом. Пластина гибкая и может экспонироваться и без кассеты, если в этом есть необходимость. Загрузка и выгрузка пластины из кассеты (при использовании ручной загрузки) производится на свету, т. е. специальной темной комнаты не требуется. Поскольку чувствительность пластины существенно выше, чем у пленки, время экспозиции пластины в 5 - 10 раз меньше, что существенно уменьшает дозовую нагрузку на персонал.
2. После экспонирования пластина загружается в сканер. При использовании сканеров с ручной загрузкой пластина вынимается из кассеты (если она экспонировалась в кассете) и помещается в сканер. В случае использования сканера с автоматической загрузкой пластина загружается в сканер только в кассете.
3. Производится считывание изображения (время считывания, несколько десятков секунд, зависит от установленного пространственного разрешения).
4. Считанное сканером изображение архивируется, обрабатывается, в том числе с использованием программ поиска дефектов, делается заключение и производится распечатка протокола контроля.
5. После считывания информация стирается с пластины, и пластина вновь готова к работе.

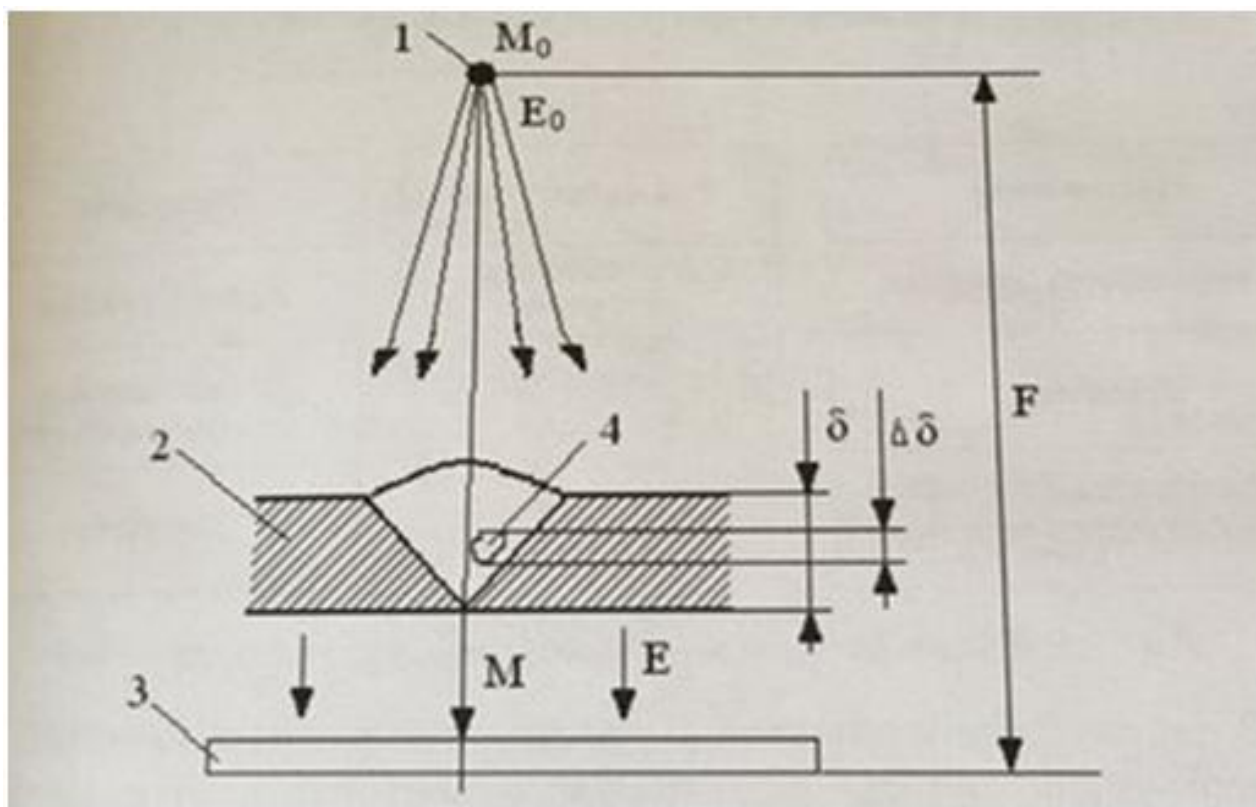


Рис.1 Схема проведения радиационного контроля

1-источник излучения: 2-изделие: 3-детектор: 4-дефект

При прохождении через изделие ионизирующее излучение ослабляется - поглощается и рассеивается. Степень ослабления зависит от толщины и плотности контролируемого объекта, а также от интенсивности и энергии излучения. При наличии в веществе внутренних дефектов, изменяется интенсивность и энергия пучка излучения.

2. Получение изображений.

2.1 Общие принципы

Методика регистрации рентгеновского излучения

Получение изображения основано на ослаблении рентгеновского излучения при его прохождении через различные ткани с последующей регистрацией его на рентгеночувствительную плёнку. В результате прохождения через образования разной плотности и состава пучок излучения рассеивается и тормозится, в связи с чем на плёнке формируется изображение разной степени интенсивности. В результате, на плёнке получается усреднённое, суммационное изображение всех тканей (тень). Из этого следует, что для получения адекватного рентгеновского снимка необходимо проводить исследование рентгенологически неоднородных образований.

В современных цифровых аппаратах регистрация выходного излучения может производиться на специальную кассету с плёнкой или на электронную матрицу. Аппараты, обладающие электронной чувствительной матрицей, стоят значительно дороже аналоговых устройств. При этом печать плёнок производится только при необходимости, а диагностическое изображение выводится на монитор и, в некоторых системах, сохраняется в базе данных вместе с остальными данными о пациенте.

Принципы выполнения рентгенографии

При диагностической рентгенографии целесообразно проведение снимков не менее, чем в двух проекциях. Это связано с тем что рентгенограмма представляет собой плоское изображение трёхмерного объекта. И как следствие локализацию обнаруженного патологического очага можно установить только с помощью 2 проекций.

Методика получения изображения

Качество полученного рентгеновского снимка определяется 3 основными параметрами. Напряжением, подаваемым на рентгеновскую трубку, силой тока и временем работы трубки. В зависимости от исследуемых анатомических образований и массо-габаритных данных пациента эти параметры могут существенно изменяться. Существуют средние значения для разных органов и тканей, но следует учитывать, что фактические значения будут отличаться в зависимости от аппарата, где проводится исследование и пациента, которому проводится рентгенография. Для каждого аппарата составляется индивидуальная таблица значений. Значения эти не абсолютные и корректируются по мере выполнения исследования.

Принцип работы рентгеновской пленки

Рентгенография возможна потому, что рентгеновы лучи, как и лучи обычного света, действуют на светочувствительный слой рентгеновской пленки. Этот слой представляет собой застывшую взвесь кристалликов бромистого серебра (AgBr) в желатине. Существует несколько теорий получения изображений на пленках. Не останавливаясь на разборе всех существующих теорий, приведем одну из них, как наиболее соответствующую современным воззрениям. Кристаллики бромистого серебра образуют кристаллические решетки, в которых отрицательные ионы брома связаны с положительными ионами серебра силами электростатического притяжения. Светочувствительный слой, подвергаясь действию рентгеновых лучей, часть их поглощает. При этом каждый поглощенный квант лучистой энергии расходуется на отрыв электрона от иона брома, в результате чего вместо иона брома получается нейтральный атом брома. Отщепленный электрон нейтрализует положительный ион серебра, превращая его в атом металлического серебра. Таким образом, в местах пленки, подвергшихся воздействию рентгеновых лучей, происходит

разложение светочувствительного слоя с выделением металлического серебра. Однако оно выделяется в таком количестве, что полученное изображение видеть не удастся, поэтому его называют скрытым. Для получения видимого изображения облученную пленку помещают в раствор проявителя, во много раз усиливающий разложение бромистого серебра. Особенно интенсивно оно происходит в тех местах эмульсии, на которые пало более интенсивное рентгеновское Излучение, и в результате скрытое изображение становится отчетливо видимым.

2.2 Цифровые детекторы преобразования рентгеновского излучения.

Цифровые детекторы непрямого преобразования рентгеновского излучения

Начнем обсуждение с детекторов непрямого преобразования, как наиболее часто используемых на практике. Они отличаются тем, что рентгеновские кванты сначала взаимодействуют со сцинтиллятором с образованием фотонов света, а затем свет преобразуется или сразу в электрический сигнал, как в твердотельных плоскостных детекторах, или в поток электронов в рентгеновском электроннооптическом преобразователе (РЭОП), который создает видимое изображение на выходном люминофорном экране. В качестве плоскостных детекторов непрямого преобразования чаще всего используются панели на основе аморфного кремния (aSi). В них используются сцинтилляторы из CsI или Gadolinium Oxysulfide, которые преобразуют рентгеновское излучение в видимый свет. Этот свет затем конвертируется в заряд сенсорами из аморфного кремния. Чувствительность детектора со сцинтиллятором из Gadolinium Oxysulfide будет зависеть от толщины покрытия. Однако при увеличении толщины покрытия из-за рассеяния света ухудшается пространственное разрешение детектора. В какой-то степени от этого недостатка свободны панели с покрытием из CsI. CsI хорошо поглощает рентгеновское излучение, причем в области энергий рентгеновских фотонов, обычно используемых в промышленной дефектоскопии (40 – 300 кэВ), поглощение происходит в основном за счет фотоэффекта (вклад в поглощение за счет эффекта Комптона становится существенным при энергиях выше 300 кэВ). Слой CsI:Na генерирует при поглощении рентгеновского излучения голубой свет, который распространяется по направлению к фотодиодной матрице вдоль монокристаллических острий как по оптоволокну (т. е. без рассеяния).

Ранние эксперименты с aSi показали высокий уровень шума этих панелей. Прогресс в технологии вместе с программными возможностями, позволяющими усреднение по многим кадрам, позволил резко улучшить отношение сигнал/шум. Качество изображений, получаемое сейчас на

этих панелях, превышает качество, получаемое на запоминающих пластинах, и приближается к качеству изображения на панелях aSe.

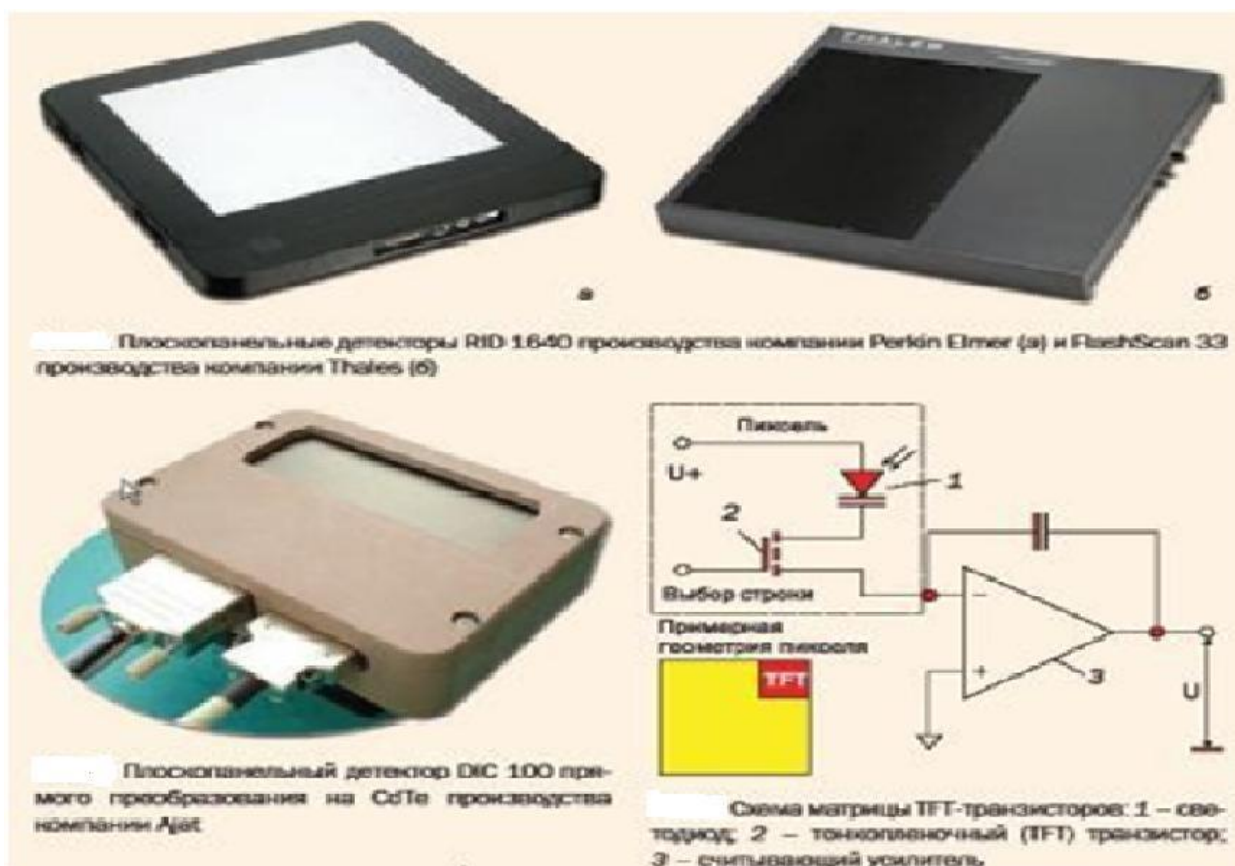


Рис.2 Плоскопанельные детекторы.

Более того, панели из aSi менее чувствительны к свойствам окружающей среды, что делает возможным их применение в полевых условиях и неконтролируемых приложениях. На рис. 3 в качестве примера показаны фотографии некоторых широко используемых в практике детекторов.

Цифровые детекторы прямого преобразования рентгеновского излучения

В детекторах прямого преобразования при воздействии рентгеновского кванта в толще полупроводника сразу генерируются электронно-дырочные пары. Под действием приложенного напряжения возникает электронный ток, который может быть усилен и с помощью считывающей электроники преобразован в изображение.

Наиболее распространенными вариантами ЦДС прямого преобразования являются панели на основе аморфного селена (aSe) и

монокристаллического теллурида кадмия (CdTe). В первом случае сборка тонкопленочных транзисторов (TFT) покрывается аморфным селеном, что позволяет конвертировать рентгеновское излучение напрямую в цифровой сигнал без использования сцинтилляторов или фосфора. Вследствие отсутствия влияния рассеяния и оптимального отношения сигнал/шум качество изображения достигает качества, характерного для среднезернистой пленки. Ограничением селенового детектора является узкий диапазон рабочих температур. Как для работы, так и при хранении детектор нужно поддерживать в температурном диапазоне 5 – 30 °С для того, чтобы избежать разрушения селенового слоя. Также при высоких энергиях (> 180 кэВ) селен склонен к образованию фантомных изображений.

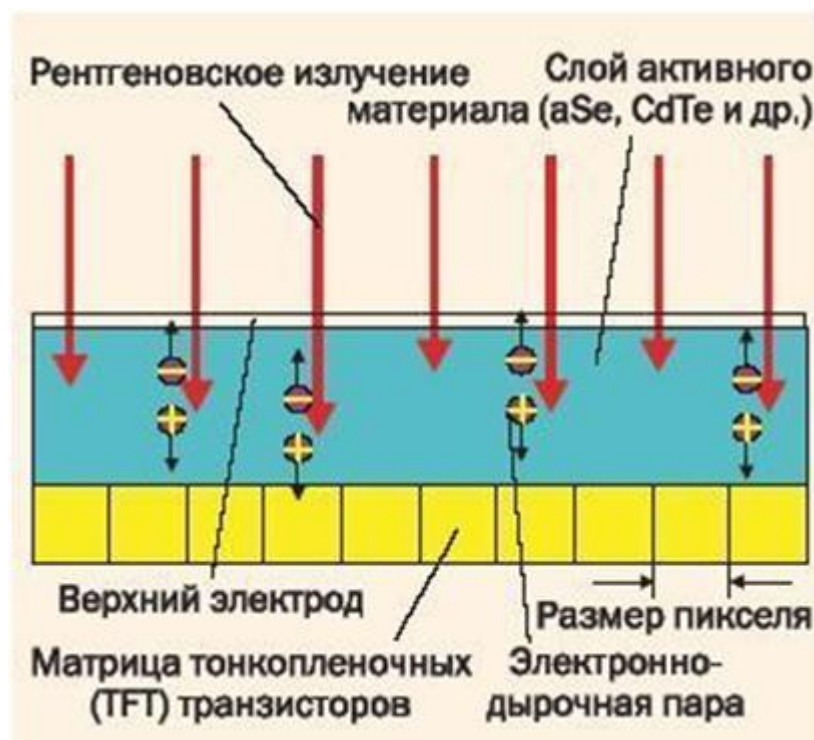


Рис.3 Схема регистрации рентгеновского излучения плоскопанельным детектором прямого преобразования

Все эти ограничения делают возможным применение aSe панелей в очень специфичных приложениях, где можно строго контролировать необходимые для этих панелей условия работы. Детекторная система прямого преобразования на основе CdTe свободна от ряда недостатков системы на основе aSe. Она может работать в гораздо более широком температурном диапазоне при энергиях рентгеновских квантов до 300 кэВ, обладая при этом в несколько раз большей чувствительностью.

2.3 Основы сенситометрии

Сенситометрия — наука об измерении фотографических свойств светочувствительных фотоматериалов. Без знания основ сенситометрии невозможно понимание самой сущности фотографического процесса. Фотографические свойства фотоматериала и влияние на них обрабатывающих растворов всегда можно оценить с помощью характеристической кривой.

Характеристическая кривая выражает зависимость между логарифмом экспозиции и оптической плотностью почернения.

Экспозиция — количество освещения, сообщаемое фотоматериалу для получения изображения. Количество освещения оценивается произведением освещенности фотоматериала на время, в течение которого свет действует на фотоматериал.

Оптическая плотность — мера непрозрачности. Оптическая плотность фотографического изображения выражается обратным логарифмом коэффициента пропускания:

$$D = \lg 1/t = -\lg t, \quad (3)$$

где D — оптическая плотность; t — коэффициент пропускания.

Коэффициент пропускания — отношение прошедшего света к падающему.

Точно дозированные экспозиции получают специальным прибором — сенситометром. Проявленное изображение, состоящее из ряда полей с постепенно нарастающими почернениями, называется сенситограммой.

Типичная характеристическая кривая показана на рис.

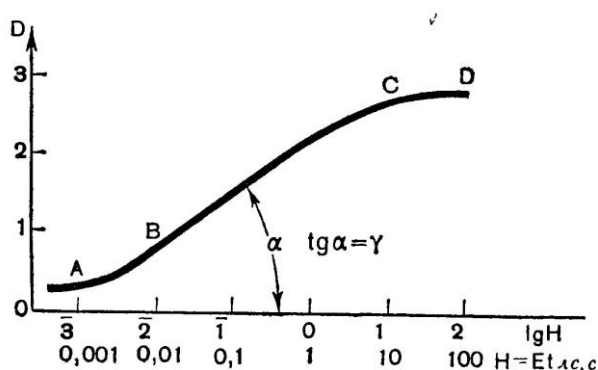


Рис.4 Типичная характеристическая кривая негативного фотоматериала

По мере увеличения экспозиции (или яркости объекта съемки при постоянной выдержке) будут возрастать оптические плотности изображения до определенного предела.

Величина минимальной оптической плотности на характеристической кривой является оптической плотностью вуали D_0 . Обычно это точка, лежащая на нижнем горизонтальном участке характеристической кривой. Ей соответствует оптическая плотность участка фотоматериала, не подвергавшегося действию света. Оптическая плотность вуали определяется прежде всего свойствами самого фотоматериала и условиями его обработки.

Минимальное почернение D_{\min} , обнаруживаемое сверх вуали, называется нижним пределом почернения или порогом почернения (точка А на кривой), а соответствующая ему экспозиция отвечает пороговому значению экспозиции для получения оптической плотности, отличающейся от вуали.

Наибольшая возможная оптическая плотность почернения называется верхним пределом почернения (точка D) или максимальной плотностью D_{\max} . Величина максимальной и минимальной оптических плотностей зависит от свойств фотоматериала и от условий обработки его. Дальнейшее увеличение экспозиции, как правило, не дает прироста оптической плотности. Иногда при очень больших экспозициях, превышающих средние в тысячи раз, на некоторых фотоматериалах получают плотности с меньшими почернениями. Это явление называется соляризацией, а участок характеристической кривой со спадом после достижения максимального почернения — областью соляризации. Соляризация, если таковая наблюдается, мало заметна при малом времени проявления и совершенно исчезает при продолжительном проявлении. Соляризации не будет, если перед проявлением фотоматериал обработать слабым раствором йодистого калия.

В большинстве случаев средний участок ВС характеристической кривой прямолинеен. Это значит, что в определенном интервале всегда существует линейная зависимость между приростом экспозиции и приростом плотности. Начальный участок АВ характеристической кривой соответствует малым экспозициям от темных деталей объекта, а конечный участок CD — большим экспозициям от ярких деталей объекта. Прямолинейный участок ВС соответствует средним экспозициям, полученным от средних по яркости деталей объекта, таких, например, как человеческое лицо и пр. Воспроизведение яркостей объекта съемки с тем или иным контрастом можно оценить по наклону характеристической кривой. Принято называть тангенс угла наклона а прямолинейного участка характеристической кривой коэффициентом контрастности, до которого проявлен фотоматериал. Коэффициент контрастности обозначают греческой буквой гамма (γ). При определении свойств фотоматериала строят характеристические кривые для различного времени проявления. Получают так называемое семейство характеристических кривых. Для каждой характеристической кривой определяют коэффициент контрастности γ , светочувствительность S и плотность вуали D_0 . По полученным значениям строят кривые зависимости коэффициента контрастности (гаммы), светочувствительности и вуали от

продолжительности проявления. Они называются кривыми кинетики проявления. По параметру $u_{рек}=0,8$ определены требуемая продолжительность проявления и получаемые при этом число светочувствительности $S_{0.85}$ и плотность вуали D_0 .

Мы рассмотрим только общие закономерности изменения фотографических свойств светочувствительных материалов в зависимости от режима обработки. Наиболее важными фотографическими характеристиками материала являются коэффициент контрастности, светочувствительность и вуаль. От умения управлять этими характеристиками зависит конечное качество изображения. Так как наклон прямолинейного участка характеристической кривой зависит, прежде всего от продолжительности проявления, то коэффициент контрастности (гамма) характеризует степень проявленности фотографического изображения. Каждый тип фотоматериала способен проявляться до вполне определенного максимального коэффициента контрастности $Y_{макс}$. Но обычно негативные фотоматериалы проявляют до оптимальных, заранее определенных (рекомендованных) значений коэффициентов контрастности $Y_{рек}$. Так, негативные полутонные изображения на практике проявляют до $Y_{рек}=0.6—0.8$.

Скорость роста коэффициента контрастности увеличивается с повышением активности проявления, т. е. с увеличением температуры и степени перемешивания раствора. Кроме того, коэффициент контрастности зависит также от абсолютной величины выдержки при экспонировании. При очень коротких выдержках коэффициент контрастности меньше, чем при больших. Вот почему рекомендуется проявлять большее время фотоматериалы, экспонированные электронной импульсной лампой, чем фотоматериалы, экспонированные обычным способом. Общая светочувствительность всех фотоматериалов растет по мере увеличения времени проявления. Но после достижения максимального значения она остается постоянной или начинает постепенно падать из-за роста вуали.

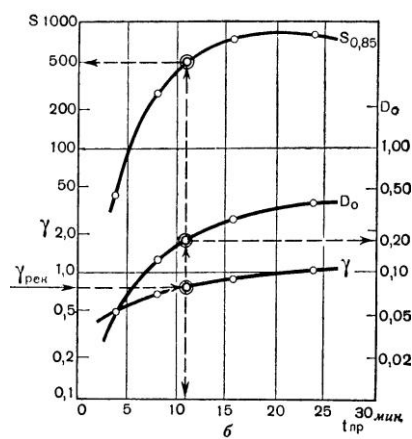
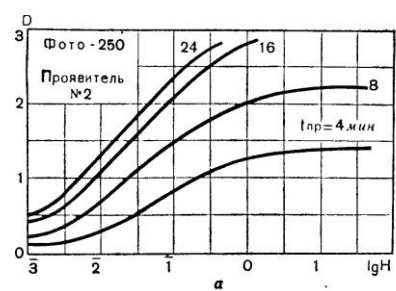


Рис.5 Характеристические кривые черно-белой негативной фотопленки и кривые кинетики проявления

3. Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ.

3.1. Общие сведения.



Рис.6 Рентгеновская матрица Shad-o-Box

Рентгеновские плоскпанельные детекторы серии **Shad-o-Box** представляют собой высококачественные рентгеновские камеры, обладающие высокой разрешающей способностью и предназначенные для получения видеоизображения в реальном времени в цифровой рентгенографии. Рентгеновская панель состоит из фотодиодной КМОП матрицы серии **RadEye** со встроенной схемой обработки сигнала и цифровым интерфейсом с разрядностью от 12 до 14 бит для непосредственного подключения к плате захвата видеоизображения (фреймграббер) установленной в компьютере пользователя.

Плоскпанельные детекторы серии **Shad-o-Box** оптимизированы для работы с рентгеновскими трубками с напряжением от 10 до 50 кВ, в то время как панели с оптоволоконной шайбой нанесенной на КМОП матрицу (индекс EV) имеют улучшенное соотношение сигнал/шум и более продолжительный

срок службы при работе с рентгеновскими трубками с напряжением до 160 кВ. Тип сцинтиллятора используемого в плоскопанельном детекторе определяется применением и требованиями заказчика.

Для применений, требующих повышенных скоростей считывания, предлагается серия плоскопанельных детекторов **Shad-o-Box HS**, которые благодаря высокому разрешению со скоростью счета до 30 кадров/сек, низкому шуму, высокой чувствительности и интерфейсу GigE работают в режиме реального времени.

Композиционный материал – неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала.

3.2. Получение результатов

Суть эксперимента заключалась, чтобы получить зависимость яркости от количества экспозиций. Далее были изучены принципы работы детекторной матрицы Shad-o-Box и программное обеспечение для этой матрицы CamExpert. Эта зависимость показывает на каком диапазоне более оптимально производить контроль композиционных материалов. После подготовки образцов мы установили композиционный материал перед детекторной матрицей и произвели 38 снимок с разной заданностью экспозиции.

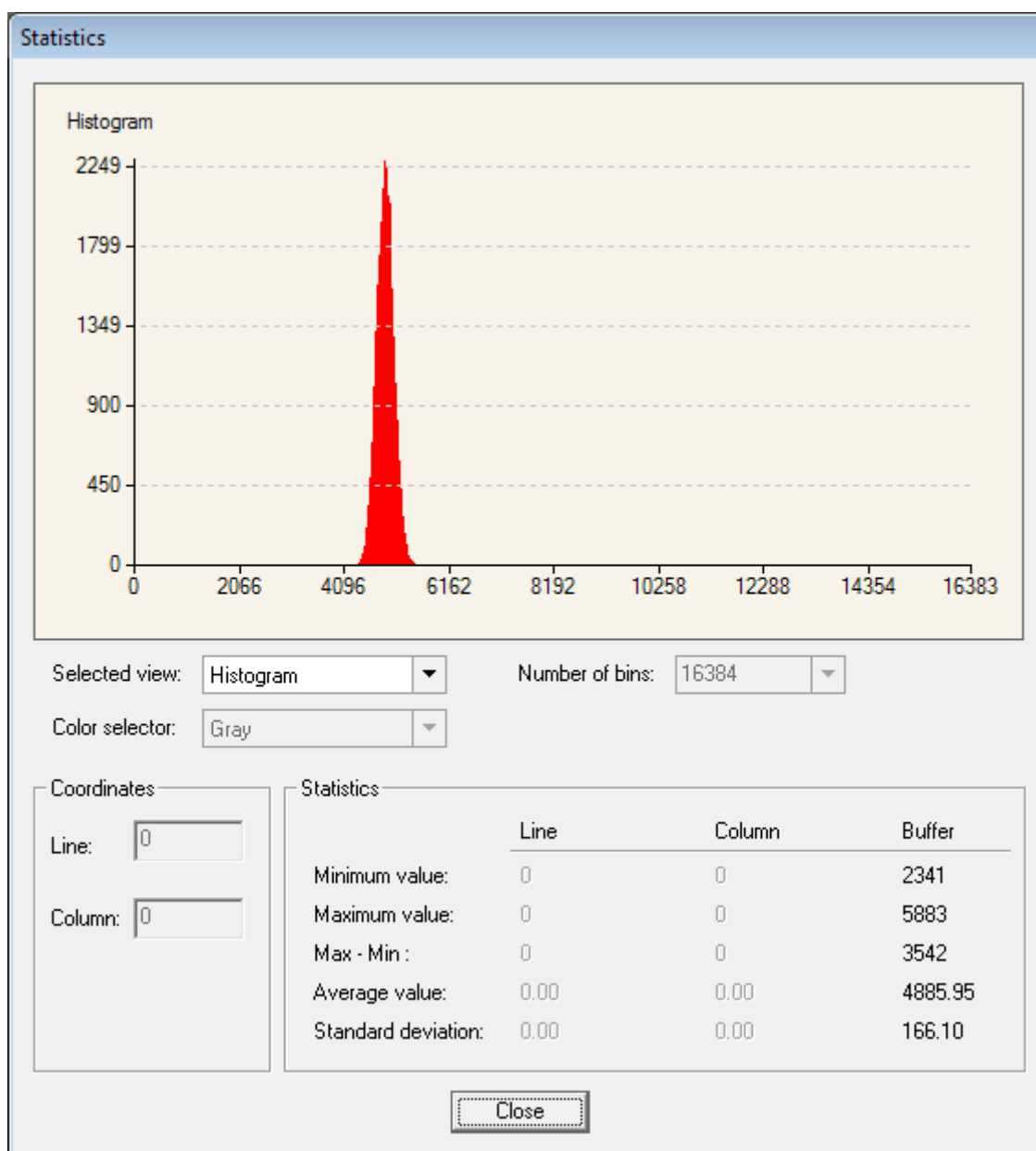


Рис.7 Панель яркости камеры, без какого либо материала.

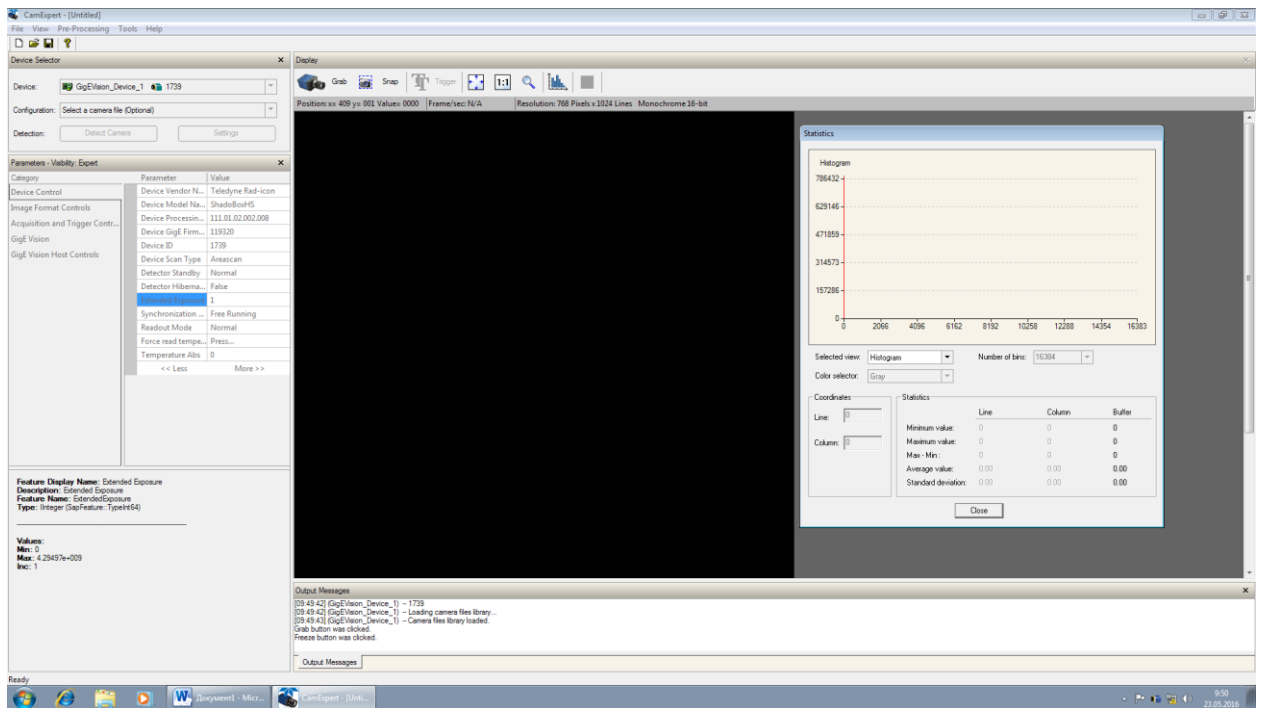


Рис.8 Зависимость количества экспозиции 1 от среднего значения яркости 0

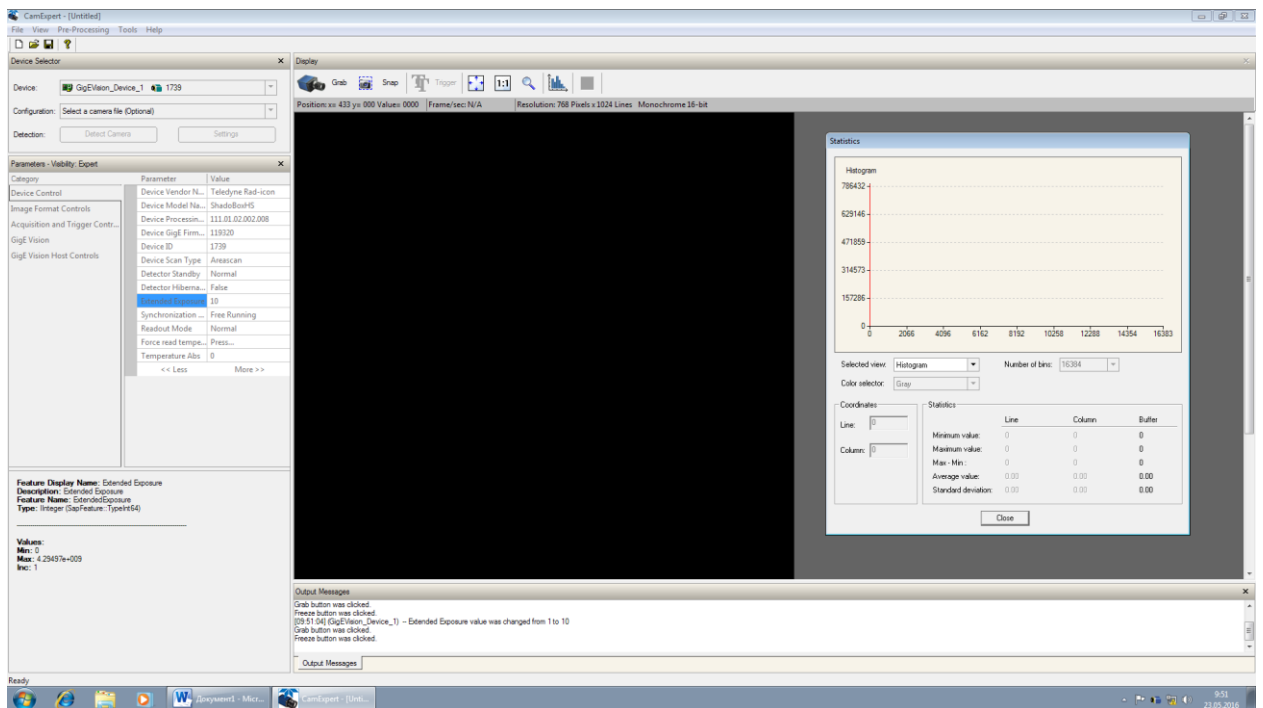


Рис.9 Зависимость количества экспозиции 10 от среднего значения яркости 0

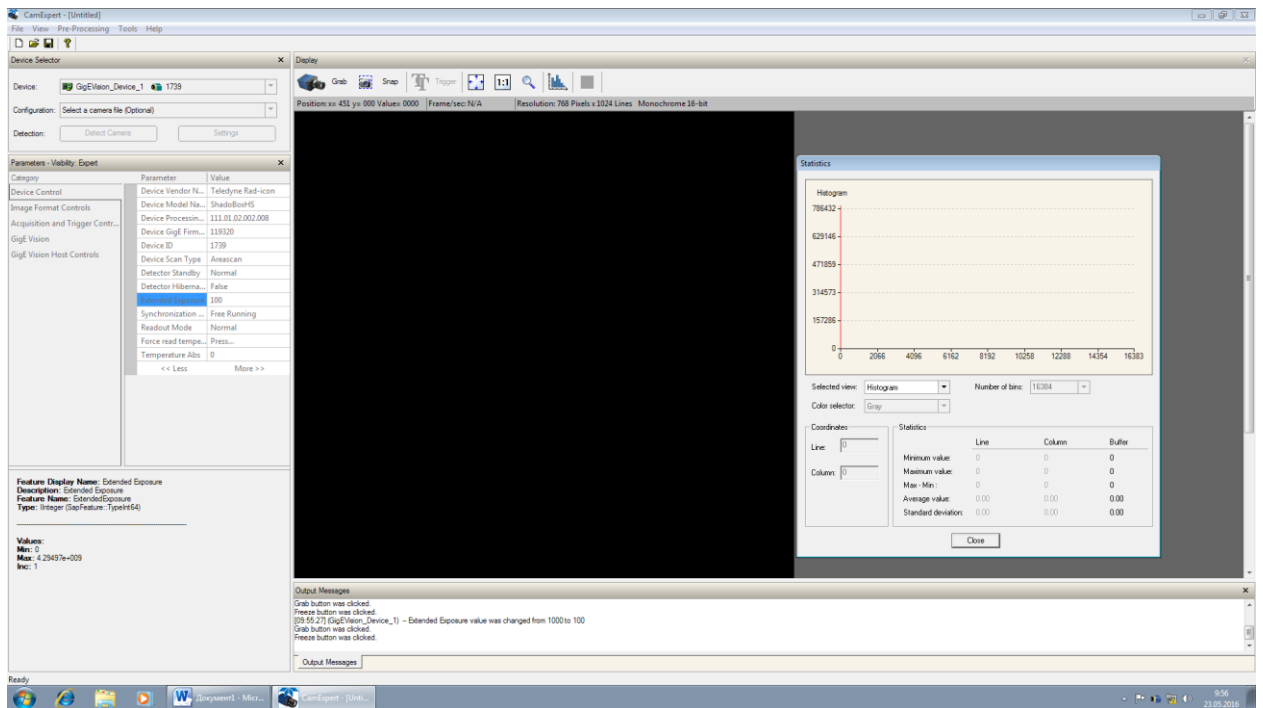


Рис.10 Зависимость количества экспозиции 100 от среднего значения яркости 0

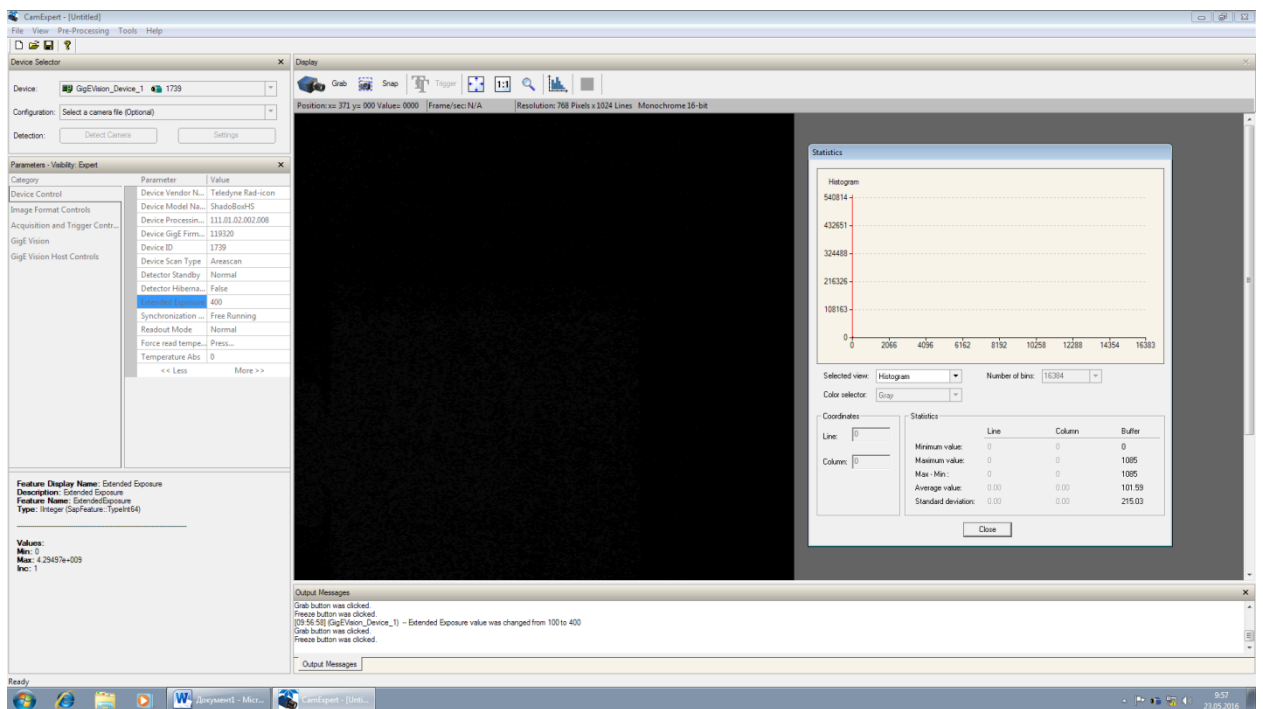


Рис.11 Зависимость количества экспозиции 400 от среднего значения яркости 101.59

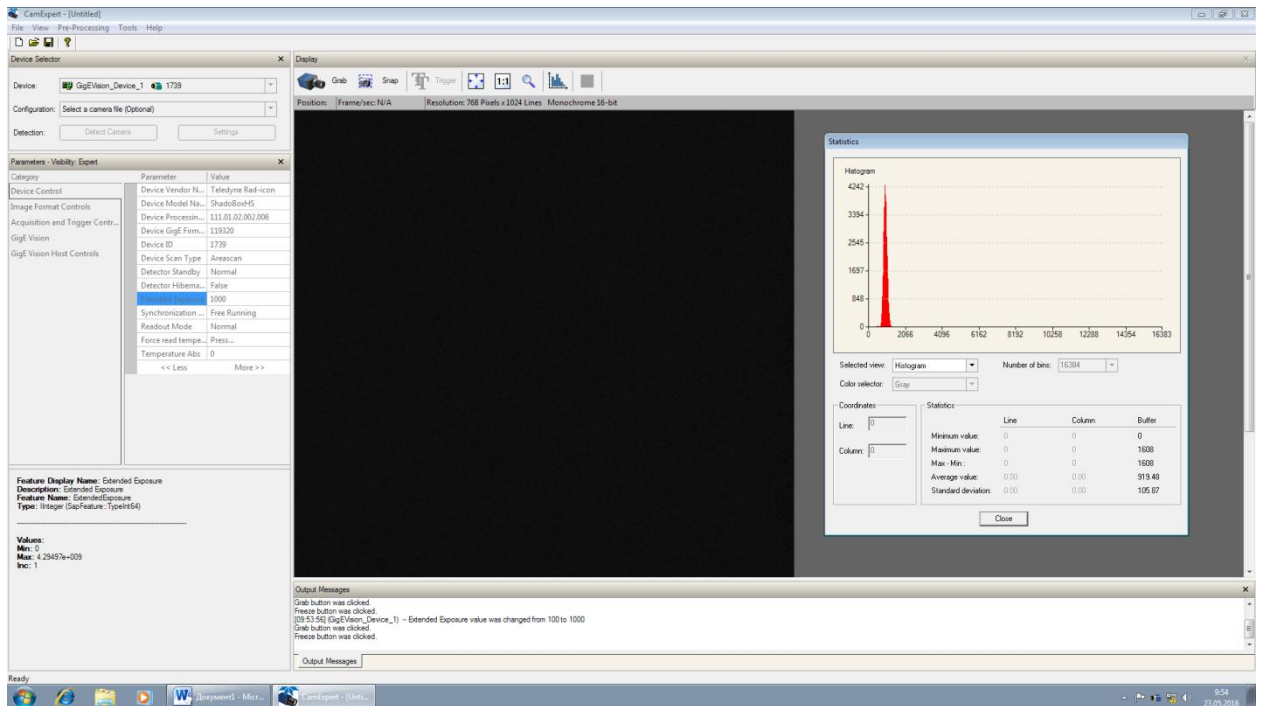


Рис.12 Зависимость количества экспозиции 1000 от среднего значения яркости 919.48

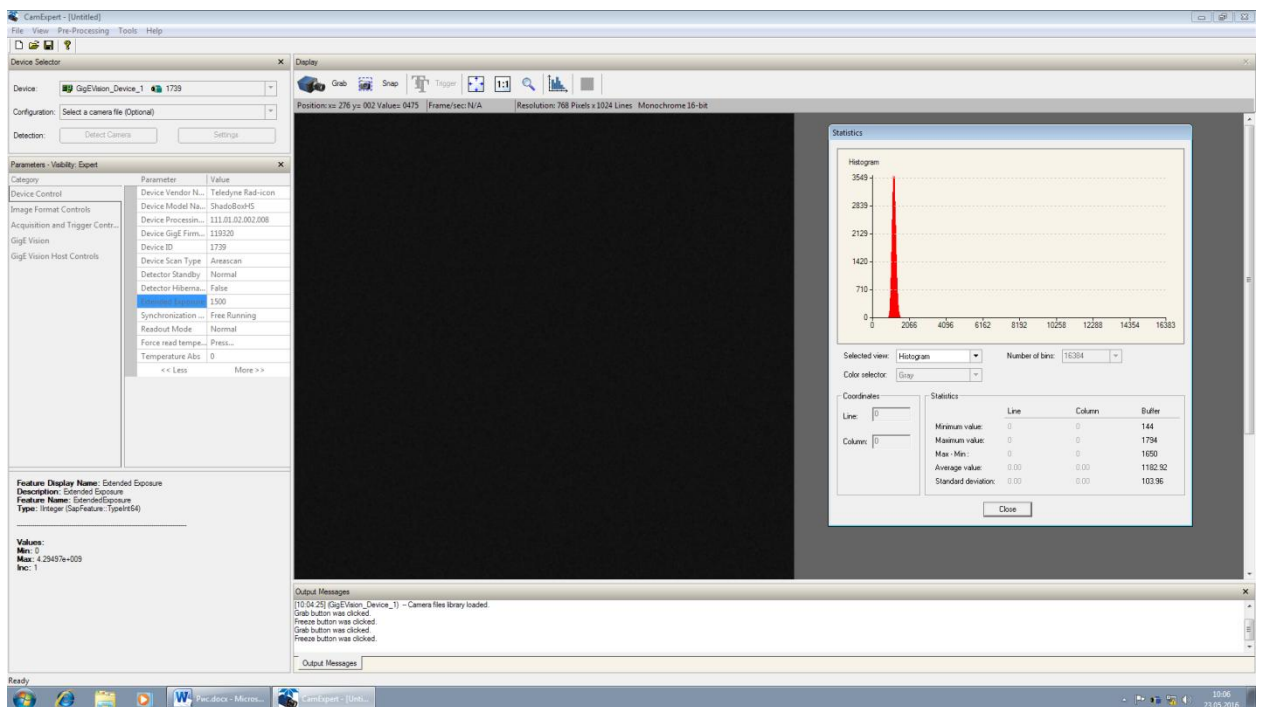


Рис.13 Зависимость количества экспозиции 1500 от среднего значения яркости 1182.92

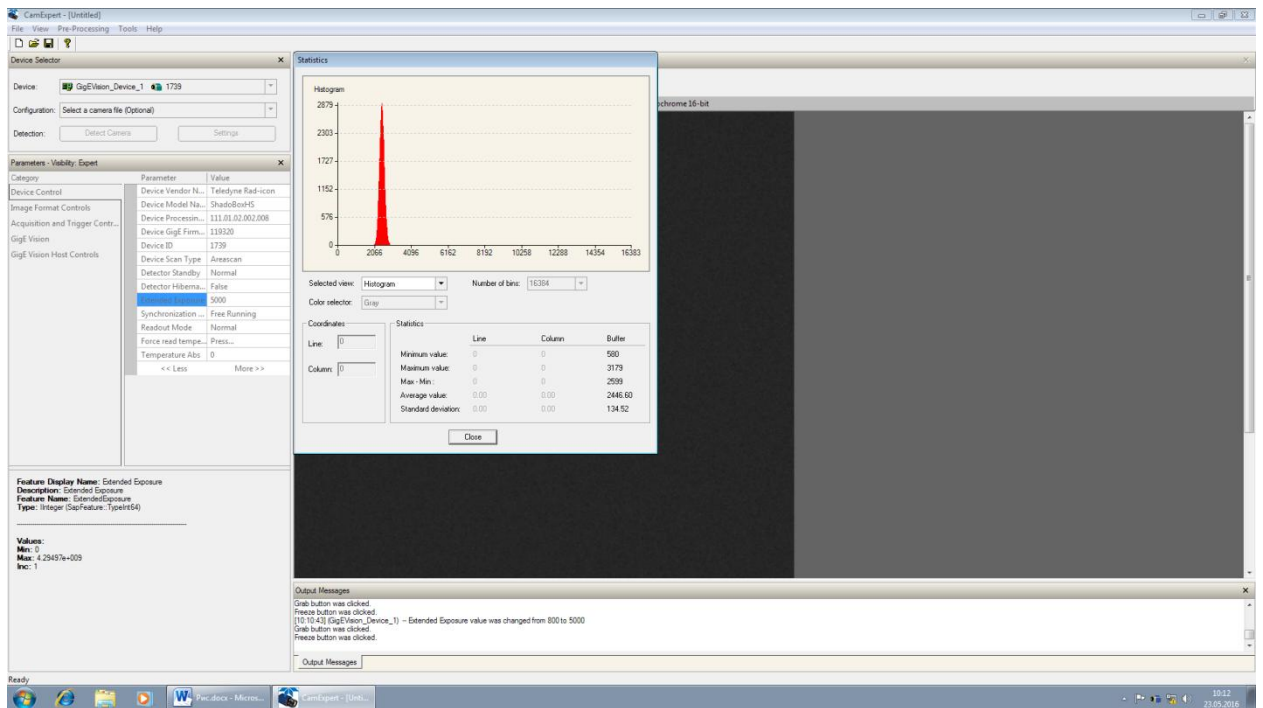


Рис.14 Зависимость количества экспозиции 5000 от среднего значения яркости 2446.6

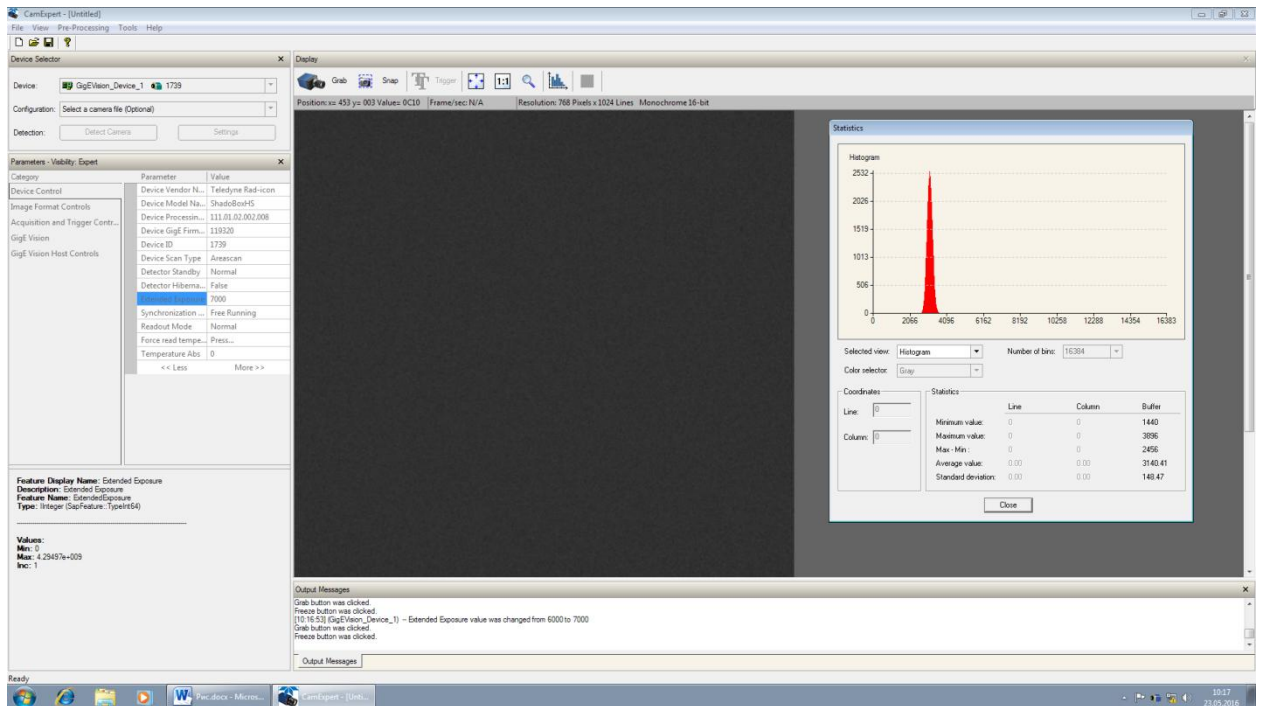


Рис.15 Зависимость количества экспозиции 7000 от среднего значения яркости 3140.41

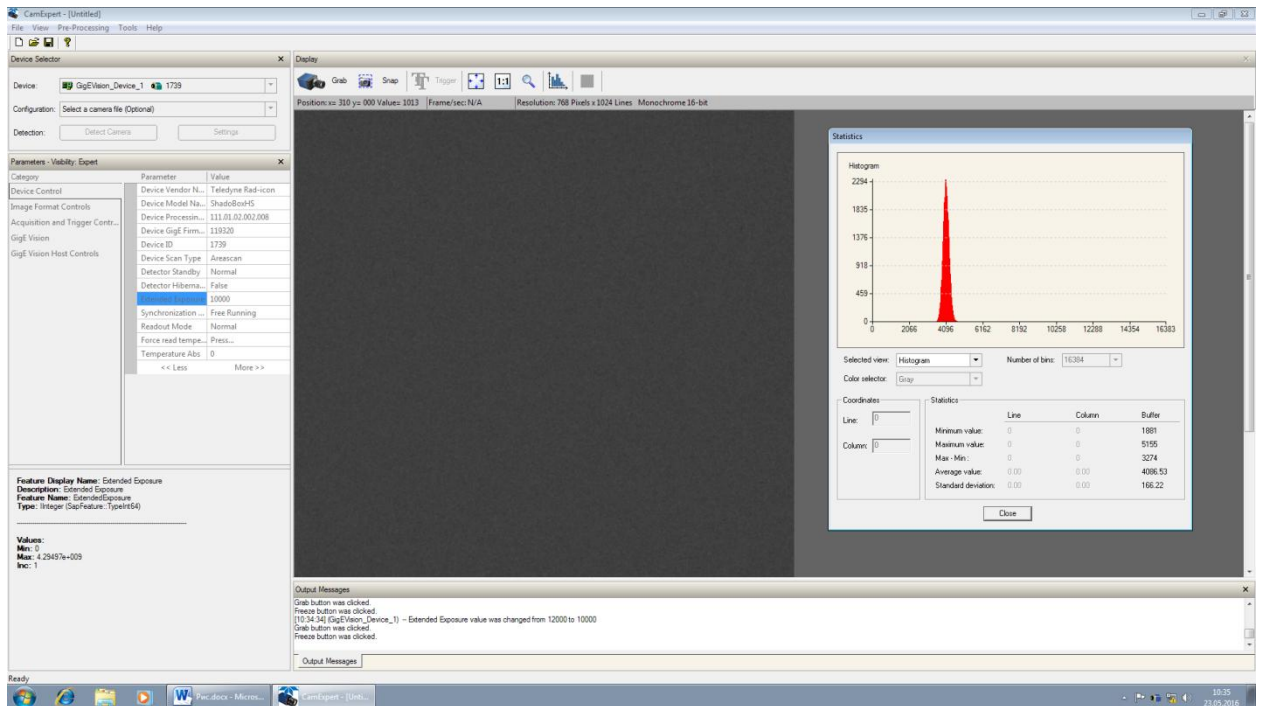


Рис.16 Зависимость количества экспозиции 10000 от среднего значения яркости 4086.53

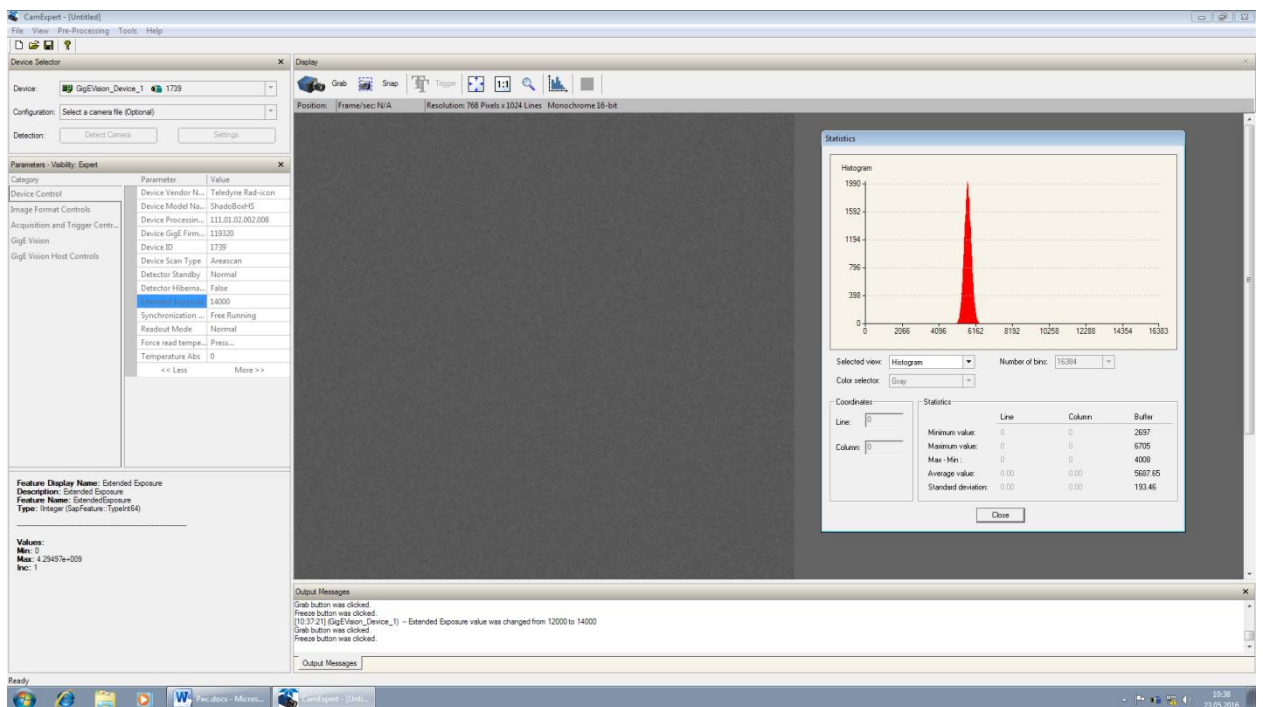


Рис.17 Зависимость количества экспозиции 14000 от среднего значения яркости 5687.65

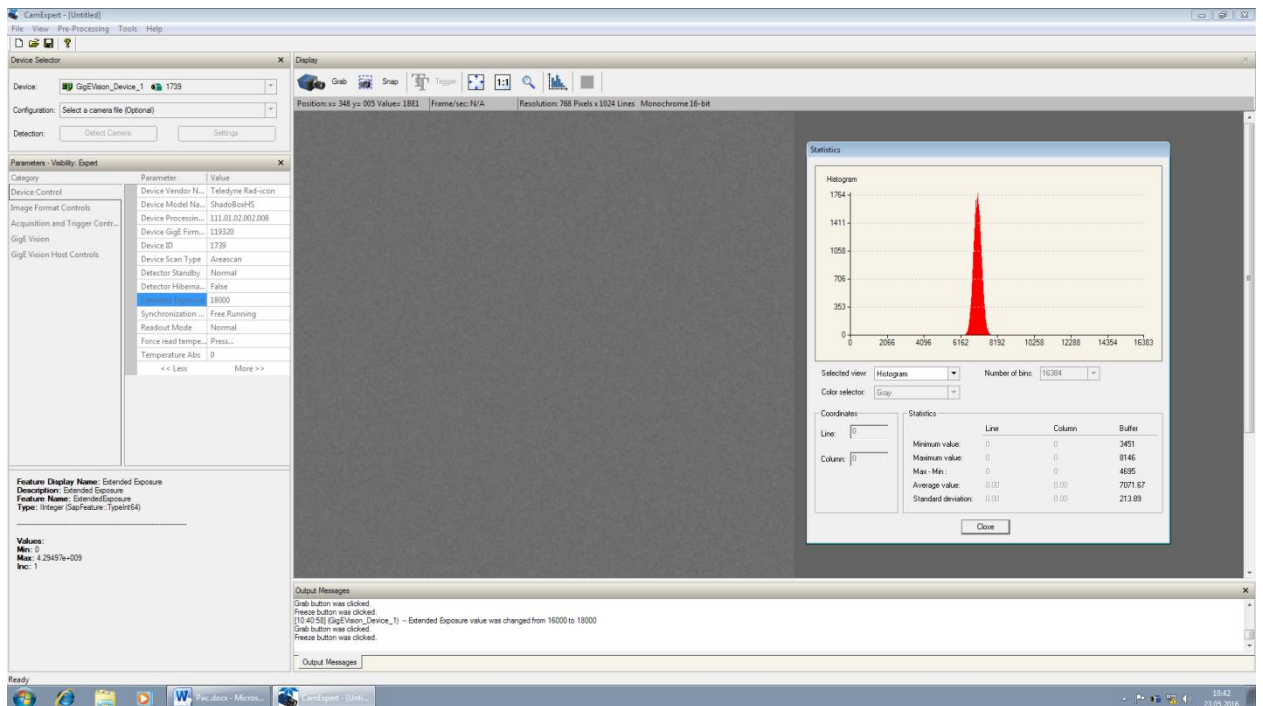


Рис.18 Зависимость количества экспозиции 18000 от среднего значения яркости 7071.67

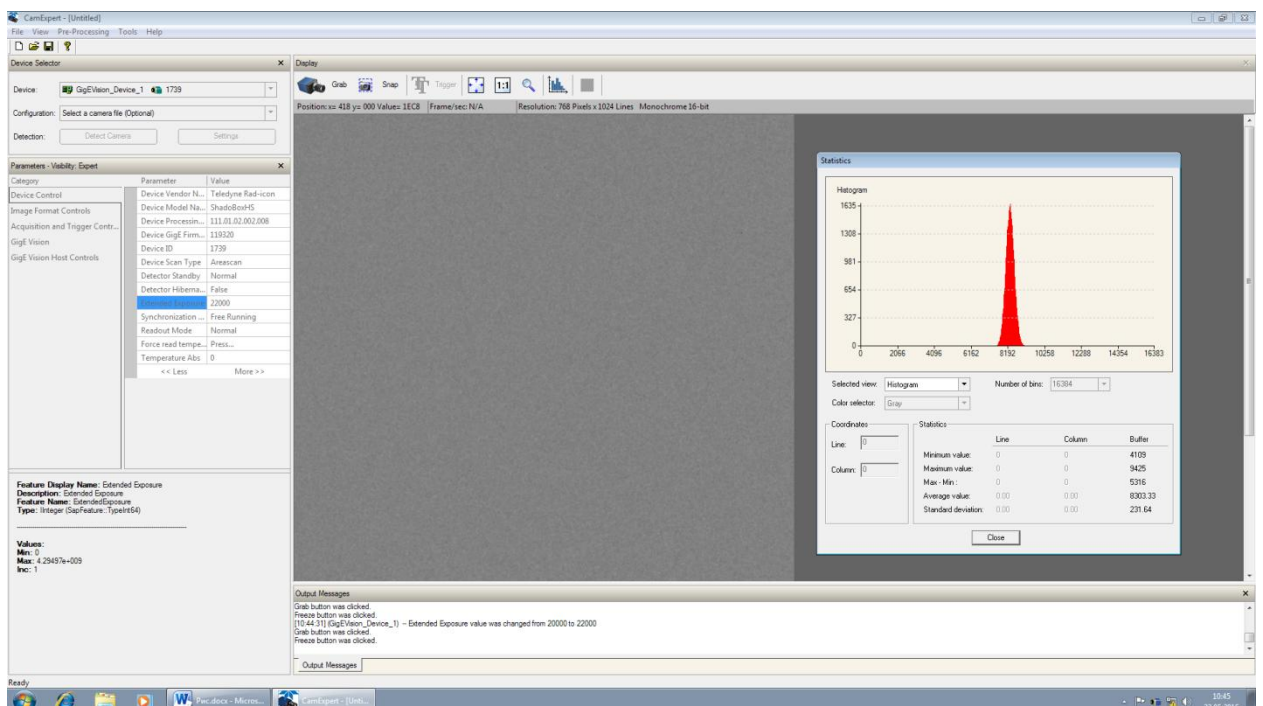


Рис.19 Зависимость количества экспозиции 22000 от среднего значения яркости 8303.33

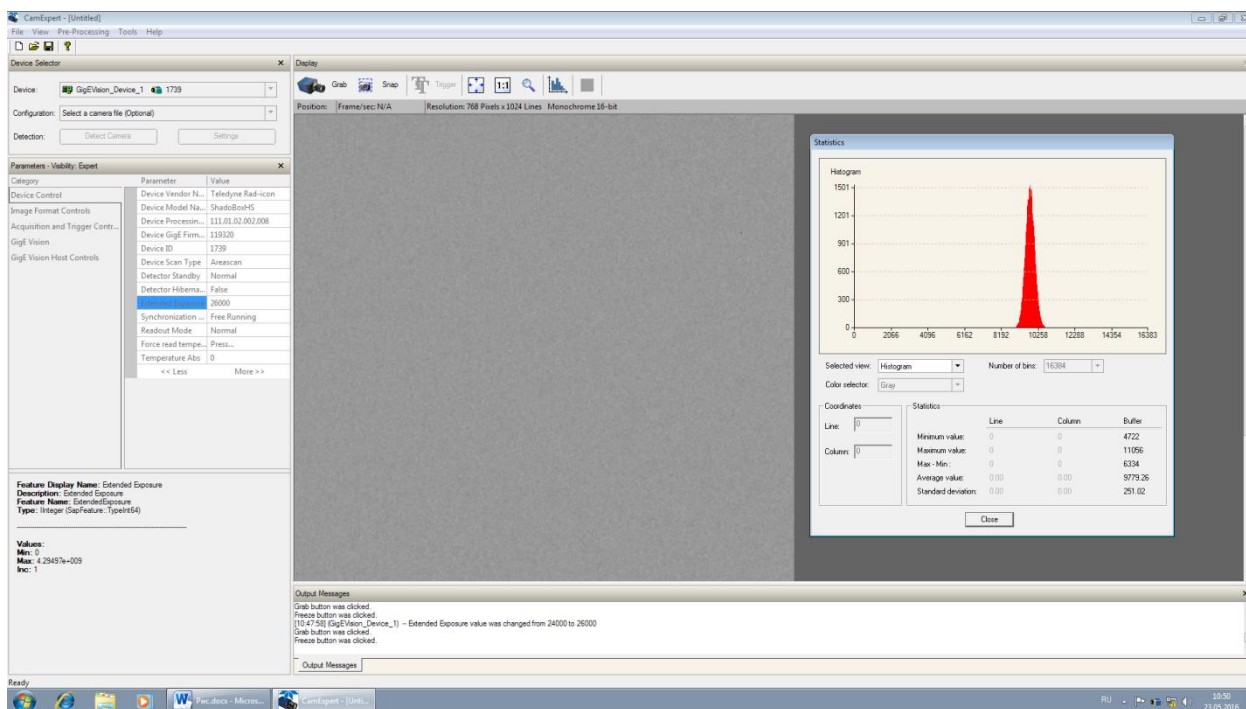


Рис.20 Зависимость количества экспозиции 26000 от среднего значения яркости 9779.26

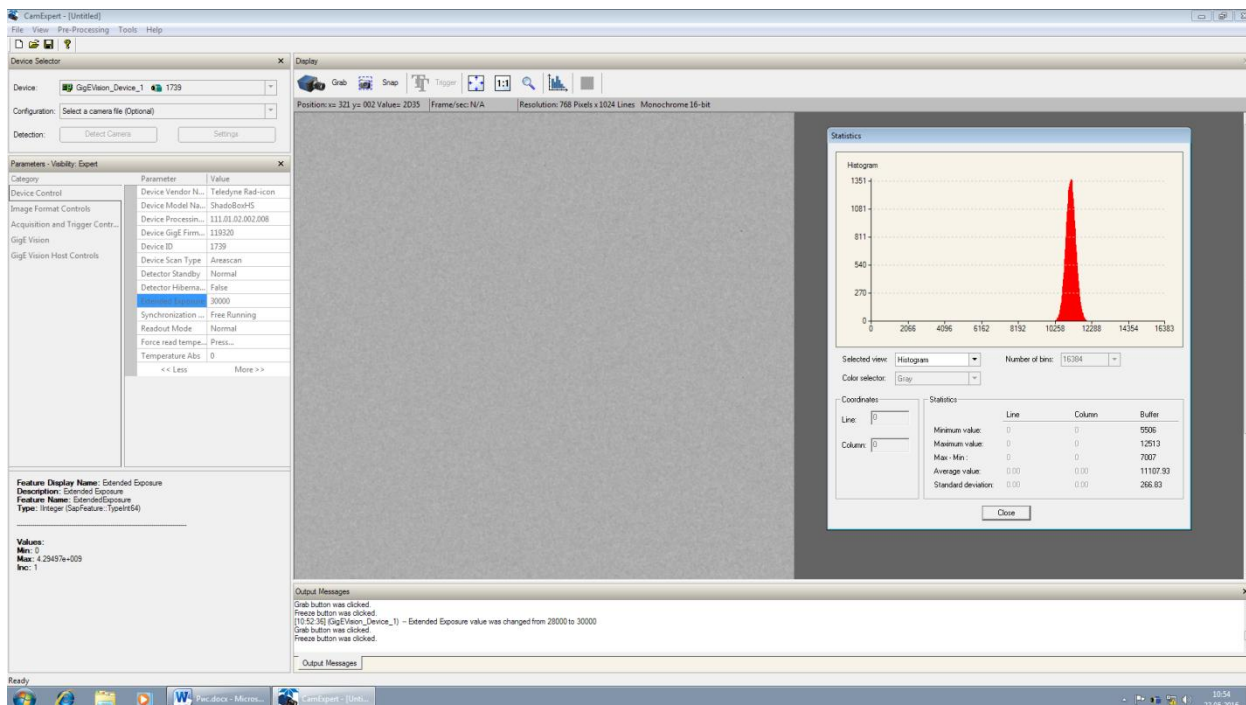


Рис.21 Зависимость количества экспозиции 30000 от среднего значения яркости 11107.93

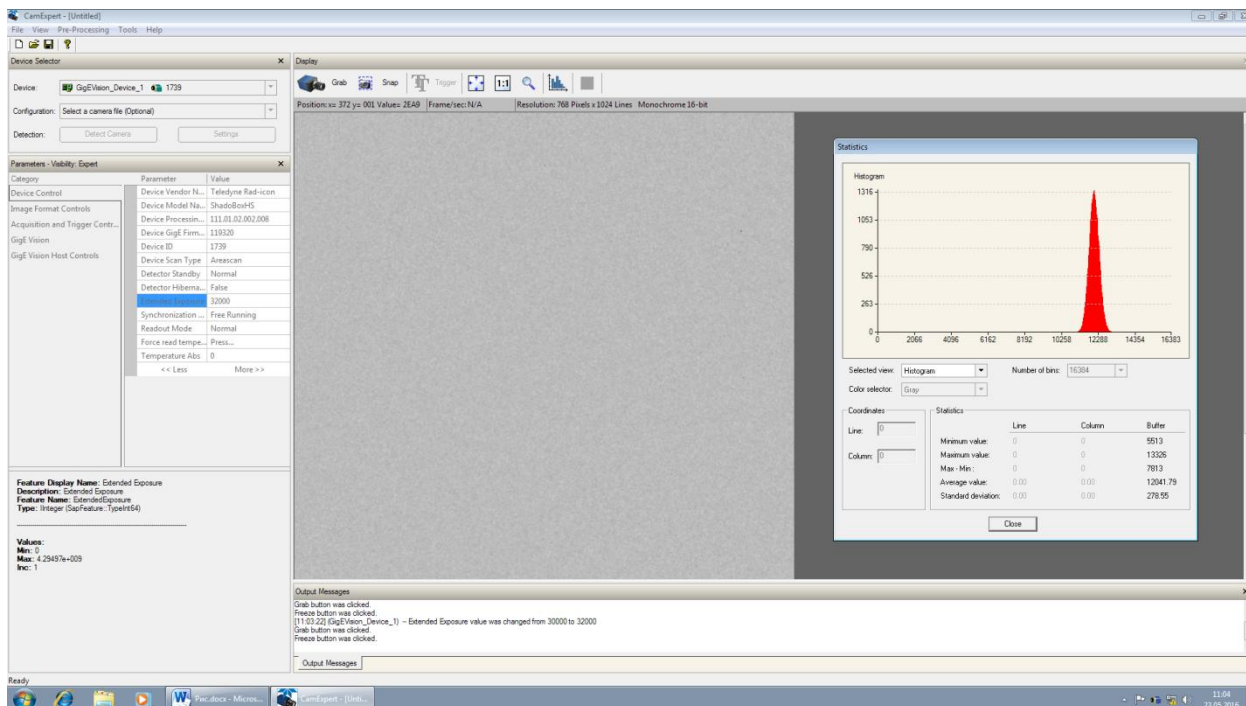


Рис.22 Зависимость количества экспозиции 32000 от среднего значения яркости 12041.79

При нескольких попыток произвести съемку при большем количестве экспозиций не было ни каких результатов, необходимо построить характеристическую кривую для более объективного понимания результата.

3.3. Построение графика

После получения всех данных, мы с помощью программа маткад построили характеристику, которая является сесиметрической кривой. На ней мы можем наблюдать при каких значениях экспозиции, будет определенная яркость, а именно в каком диапазоне необходимо проводить съемку.

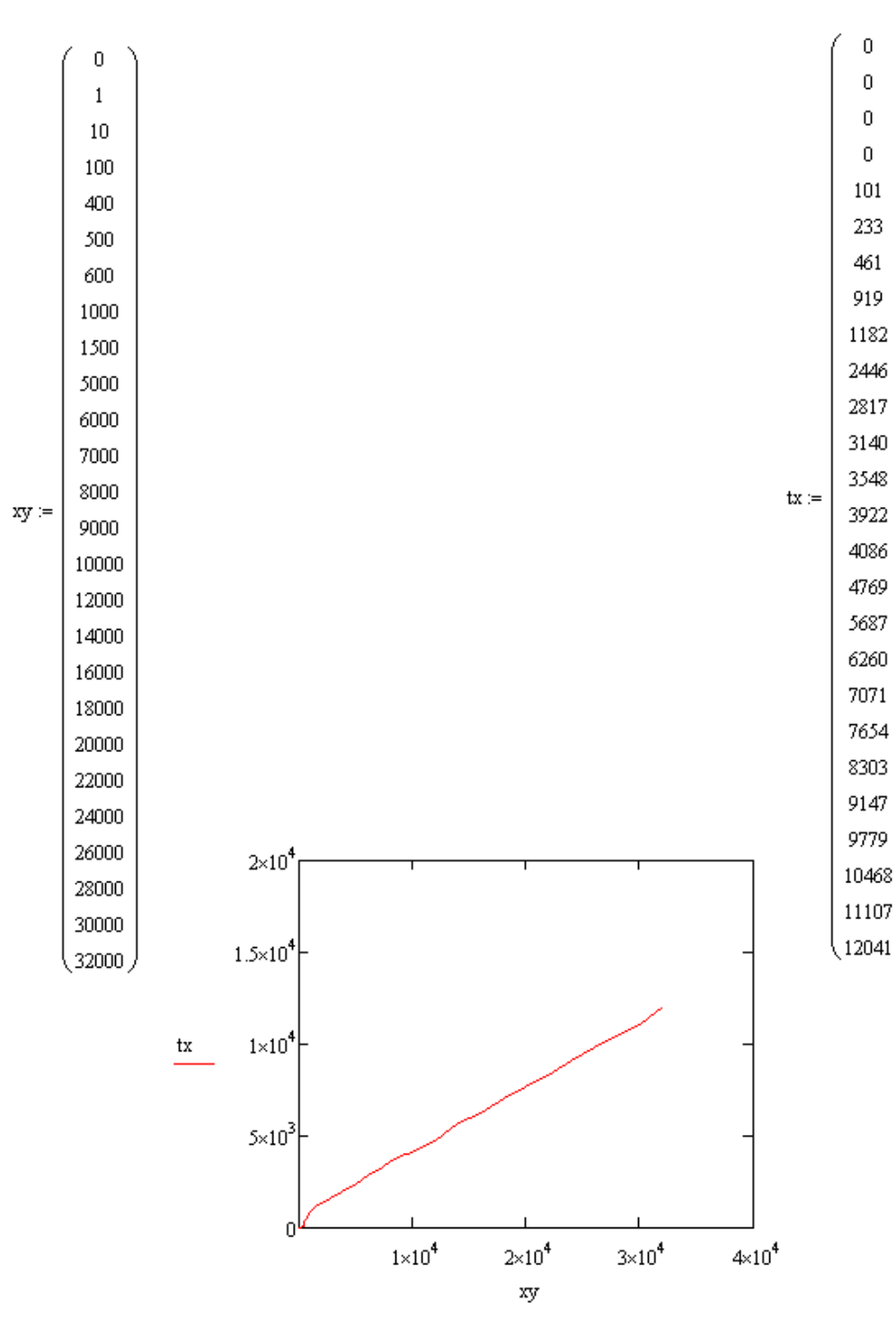


Рис.23 Сенситометрическая кривая

xy - количество экспозиций, tx - количество яркости

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Технологий QuaD

Технология QuaD (QQualityADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- 1) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
 - влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
 - перспективность рынка;
 - пригодность для продажи;
 - перспективы конструирования и производства;
 - финансовая эффективность;
 - правовая защищенность.
- 2) Показатели оценки качества разработки:
 - динамический диапазон;
 - вес;
 - ремонтпригодность;
 - энергоэффективность;
 - долговечность;
 - эргономичность;
 - унифицированность;
 - уровеньматериалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности методов неразрушающего контроля при контроле изделий из неметаллов выбрана цифровая радиография. Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 1.

Таблица.1 Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Балл	Максима	Относи	Средневз
-----------------	-----	------	---------	--------	----------

	критери я	ы	льный балл	тельное значени е (3/4)	вешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективност ь	0,15	70	100	0,7	0,12
2. Надежность	0,15	90	100	0,9	0,135
3. Уровень шума	0,1	80	100	0,8	0,135
4. Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,6	0,06
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Перспективность рынка	0,35	90	100	0,9	0,27
6. Цена	0,05	60	100	0,6	0,02
7. Срок выхода на рынок	0,15	70	100	0,6	0,06
Итого	1				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i, (4)$$

Где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i-го показателя.

$$P_{cp} = 0.15 * 70 + 0.15 * 90 + 0.1 * 80 + 0.05 * 80 + 0.35 * 90 + 0.05 * 60 + 0.15 * 60 = 10,5 + 13,5 + 8 + 4 + 31,5 + 3 + 10,5 = 81$$

Показатель $P_{cp} = 81$ говорит о том, что разработка считается перспективной и следует развивать ее.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 2

Таблица.2 Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Подготовка образцов для экспериментов	Дипломник
	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Дипломник
	7	Сравнение экспериментальных	Дипломник

		результатов по итогам трех методов неразрушающего контроля	
Обобщение и оценка результатов	8	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	Дипломник
Оформления отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Руководитель, дипломник

Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, (5)$$

Где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i}, (6)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

Ч_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

где $T_{\text{кал}} = 366$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу (табл. 3).

Таблица 3 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}	Длительность работ в календарных днях, T_{ki}				
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож}$, чел-дни									
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3							
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руковод.	2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	5	5	5	9	9	9	6,6	6,6	6,6	Дипл.	7	7	7	10	10	10
Выбор направления исследований	4	4	4	6	6	6	4,8	4,8	4,8	Руковод.	5	5	5	7	7	7
Календарное планирование работ по теме	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Руковод	2	2	2	3	3	3
Подготовка образцов для экспериментов	5	5	7	10	10	15	7	7	10,2	Дипл.	4	4	6	6	6	9
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	10	10	15	10	15	25	12	12	19	Дипл.	6	6	10	9	9	15
Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	8	5	8	10	10	13	8,8	7	10	Дипл.	5	4	5	7	6	7
Составление пояснительной записки	5	10	15	7	13	25	5,8	11,2	19	Руковод, дипл.	2	4	7	3	6	10

На основе таблицы 3 строим план график

Таблица 4 – Календарный план график проведения НИР по теме

№ раб от	Вид работ	Исполн ители	Т _{кi} , кал. дни	Продолжительность выполнения работ								
				Фев.		Март			Апрель			
				2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составлени е ТЗ	Руковод .	3	■								
2	Изучение материалов	Дипл.	10									
3	Выбор направлени я	Руковод .	7			■						
4	Планирован ие работ	Руковод .	3			■						
5	Подготовка образцов	Дипл.	9									
6	Проведение эксперимен тов	Дипл.	15									
7	Расшифров ка данных	Дипл.	7									
8	Пояснитель ная записка	Руковод . дипл.	10									

руководитель, ■ - дипломник □

Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;

- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

– приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

– покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

– покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

– сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi}, \quad (9)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i-го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов,

территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Материальные затраты

№	Материал	Единица материала	Цена, р./ед.	Кол - во, ед.	Затраты на НИР, р.
1	Образец из композита	шт	1500	1	1500
2	Расходные материалы		500		500
Итого:					2000

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 5. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 5 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ.

№ п/п	Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
-------	---------------------------	--------------------------------	---------------------------------	---

		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Детекторная матрица Shad-o-Vox	1	1	1	1707 174	1707 174	1707 174	19632 50	19632 50	19632 50
2	Персональный компьютер	1	1	1	3000 0	3000 0	3000 0	34500	34500	34500
3	Программное обеспечение	1	1	1	1000 0	1000 0	1000 0	11500	11500	11500
Итого								20092 50	20092 50	20092 50

Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 6.

Таблица 6 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнитель и по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу(окладам), тыс. руб.		
			Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3

1	Составление и утверждение технического задания	Руковод.	1,8	1,8	1,8	1,46	1,46	1,46	2,63	2,63	2,63
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	6,6	6,6	6,6	0,25	0,25	0,25	1,65	1,65	1,65
3	Выбор направления исследований	Руковод.	4,8	4,8	4,8	1,46	1,46	1,46	7	7	7
4	Календарное планирование работ по теме	Руковод.	2,8	2,8	2,8	2	2	2	5,6	5,6	5,6
5	Подготовка образцов для экспериментов	Дипломник	7	7	10,2	0,79	0,79	0,79	5,53	5,53	8
6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Дипломник	12	12	19	0,79	0,79	0,79	9,5	9,5	15
7	Сравнение экспериментальных результатов по итогам двух методов	Дипломник	1,8	1,8	1,8	0,25	0,25	0,25	0,45	0,45	0,45
8	Расшифровка данных и сравнение с имеющимися показателями	Дипломник	8,8	7	10	0,79	0,79	0,79	6,95	5,53	7,9
9	Составление пояснительной записки	Руковод., дипломник	5,8	11,2	19	2,25	2,25	2,25	13	25,2	42,75
Итого									52,31	63,09	90,98

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп}=З_{осн}+З_{доп} , \quad (10)$$

Где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн}=T_p \cdot З_{дн} , \quad (11)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} , \quad (12)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M=11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Таблица 7 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Дипломник
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	119	119
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	72
Действительный годовой	199	175

фонд рабочего времени		
-----------------------	--	--

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{mc} * (1 + k_{np} + k_d) * k_p, \quad (13)$$

Где Z_{tc} – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

k_{np} – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от Z_{tc});

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от Z_{tc});

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 8 – расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_{tc} , тыс. руб.	k_{np}	k_d	k_p	Z_m , тыс. руб.	$Z_{дн}$, тыс. руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	16,751	1,3	1,3	1,3	78,39	4,38	16	70,08
Дипломник	5,708	0	0	1,3	7,42	0,44	28	12,32
Итого $Z_{осн}$								82,4

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} * (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (14)$$

Где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 9 – отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб
	Исп. 1
Руководитель	70,08
Дипломник	12,32
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1
Итого	
Исполнение 1	22,33

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	2000			
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	2009250			
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	82400			
4. Отчисления во внебюджетные фонды	22330			
5. Накладные расходы	338556,8			16% от суммы 1-4
6. Бюджет затрат НТИ	2454536,8			Сумма ст. 1-5

4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп\ i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (15)$$

где $I_{финр}^{исп\ i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (16)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Таблица 11 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффицие	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
----------	----------------------	--------	--------	--------

	нт параметра			
1.Энергоэффективность	0,15	5	5	5
2.Надежность	0,15	5	5	5
3.Уровень шума	0,1	5	4	4
4.Простота эксплуатации	0,05	4	5	5
5. Перспективность рынка	0,35	5	5	5
6. Цена	0,05	4	3	4
7. Срок выхода на рынок	0,15	4	4	4
Итого	1			

$$I_{p1} = 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 5 * 0,1 + 4 * 0,05 + 5 * 0,35 + 4 * 0,05 + 4 * 0,15 \\ = 4,75$$

$$I_{p2} = 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,35 + 3 * 0,05 + 4 * 0,15 \\ = 4,65$$

$$I_{p3} = 5 * 0,15 + 5 * 0,15 + 4 * 0,1 + 5 * 0,05 + 5 * 0,35 + 4 * 0,05 + 4 * 0,15 \\ = 4,7$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{финр1}}, I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{финр2}} \text{ и т.д.} \quad (17)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта (\mathcal{E}_{cp}):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (18)$$

Таблица 12 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,75	4,65	4,7
3	Интегральный показатель	4,75	4,69	4,7

	эффективности			
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,01/1,01	0,99/0,99	0,99/1

Проводя расчет энерго- и ресурсоэффективности и сравнив различные исполнения приходим к выводу, что исполнение №1 является лучшим вариантом.

5. Раздел «Социальная ответственность»

Введение

Объектом исследования является цифровая радиография, непосредственный источник ионизирующего излучения.

Цифровая радиография предназначена для обнаружения невидимых дефектов, их расположения, характер дефектов, размер. Этот вид контроля позволяет обнаружить дефекты любых размеров, форм изготовленных из любых металлов, пластмасс, керамики, композиционных материалов.

Рабочей зоной является научная лаборатория с двумя комнатами в одной находиться непосредственная установка, во второй рабочий компьютер с специализированной программой, металлической дверью между комнатами.

В текущем разделе рассматриваются вопросы охраны труда и техники безопасности, связанные с работой в лаборатории, а также разрабатываются мероприятия по предотвращению воздействия на здоровье работников лаборатории опасных и вредных факторов, создание безопасных условий труда для обслуживающего персонала.

5.1 Производственная безопасность.

Рабочая зона представляет собой научную лаборатория с двумя комнатами в одной находится непосредственная установка, во второй рабочий компьютер с специализированной программой, металлической дверью между комнатами.

Проектируемая деятельность, которая может привести к негативным последствиям, сведена к минимуму.

При соблюдение техники безопасности риск возникновения чрезвычайной ситуации равен практически равен нулю.

Анализ условий труда в лаборатории является одной из основных задач организации рабочего места. Организации рабочего места заключается в выполнение ряда мероприятий, обеспечивающих рациональный и безопасный трудовой процесс и эффективное использование орудий и предметов труда, что повышает производительность и способствует снижению утомляемости работающих.

Удобное и рациональное расположение органов управления позволяет исключить лишние движения. Рабочие места операторов выполнено также с учетом требований технической эстетики:

- Планировка рабочего места избавляет работающих от лишних и утомительных трудовых движений, и обеспечивает удобную рабочую позу;
- Рабочее место обеспечено инструментами и приспособлениями, необходимыми для работы, а также для личной безопасности; вблизи рабочего места установлены ящики или шкафы для хранения инструмента и личных вещей;
- Рабочее место в соответствии с санитарными нормами освещено и провентилировано, постоянно содержится в чистоте; не захламлено, нет хаотичного хранение инструмента и материалов.

Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны.

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии

здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности. Неправильные микроклиматические условия могут создать сонливость у работников, что в свою очередь повышает невнимательность и ухудшение работоспособности. Еще одним негативным последствием, неправильных микроклиматических условий, может вызвать простудные заболевания.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 1 для категории Ib, к ней относятся работы с интенсивностью энерго-затрат 121 - 150 ккал/ч (140 - 174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Таблица. 13 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (по ГОСТ 12.1.005–88)

Период года	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
		Верхняя		Нижняя					
		Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	22-24	25	26	21	18	40-60	75	0,1	0,1
Теплый	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,1

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Естественное освещение- освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Роль естественного освещения в обеспечении благоприятных условий труда на производстве весьма велика. Основная задача производственного освещения— поддержание на рабочем месте освещенности, соответствующей характеру зрительной работы. Для этого используют искусственное освещение - освещение, при котором

используются только искусственные источники света. Однако, при недостатке естественного освещения используется искусственное освещение, комбинация которого называется совмещенное освещение.

Правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, также сохраняет высокую работоспособность.

Основные требования к системам производственного освещения:

- соответствие уровня освещенности рабочих мест характеру выполняемой зрительной работы;
- равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве;
- отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей, вызывающей ослепленность);
- постоянство освещенности во времени;
- оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;
- долговечность, экономичность, электро- и пожаробезопасность, эстетичность, удобство и простота в эксплуатации.

В связи с тем, что в данной работе самый наименьший размер объекта входит в диапазон от 1 до 6 мм, то класс точности будет V, характеристика зрительной работы - малой точности.

Коэффициент естественной освещенности КЕО равен:

При естественном освещении:

- при верхнем или комбинированном освещении – 3%;
- при боковом освещении – 1%;

При совмещенном освещении:

- при верхнем или комбинированном освещении – 1,8%;
- при боковом освещении – 0,6%.

Нормативное значение КЕО в соответствии с СНиП 23-05-95 при третьем разряде зрительной работы, при естественном боковом освещении $КЕО_{ен} = 1\%$, освещенность при искусственном освещении – 200 лк, ослепленность 40 ед. и пульсации искусственного освещения не более 15%.

Осветительные установки удобны и просты в эксплуатации, долговечны, отвечают требованиям эстетики, электробезопасности, а также не соответствуют причиной возникновения взрыва или пожара. Обеспечение указанных требований достигается применением защитного зануления или заземления, ограничением напряжения питания переносных и местных светильников, защитой элементов осветительных сетей от механических повреждений.

Перед началом эксперимента проверить соединения всех контактов и убедиться в отсутствии нарушения целостности защитного покрытия питательных узлов для предотвращения возникновения пожара.

Превышение уровня электромагнитного излучения

Дипломная работа выполнялась с применением персональных компьютеров (ПЭВМ) типа IBM PC. Основным вредным фактором, воздействию которого подвергается инженер-исследователь при работе за компьютером, является электромагнитное излучение. Оно пагубно влияет на костные ткани, ухудшает зрение, повышает утомляемость, а также способствует ослаблению памяти и возникновению онкологических заболеваний.

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 представлены в таблице 14.

Таблица.14 – Временные допустимые уровни (ВДУ) электромагнитных полей, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах .

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

С целью снижения вредного влияния электромагнитного излучения при работе с ПК необходимо соблюдать следующие общие гигиенические требования:

1. Продолжительность непрерывной работы взрослого пользователя не должна превышать 2 ч, ребенка – 10÷20 мин, в зависимости от возраста. В процессе работы желательно менять тип и содержание деятельности, например, чередовать редактирование и ввод данных и их считывание. Санитарными нормами предусматриваются обязательные перерывы в работе на ПК, во время которых рекомендуется делать простейшие упражнения для глаз, рук и опорно-двигательного аппарата.
2. Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м. Экран монитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 60÷70 см, но не ближе 50 см
3. Для ослабления влияния рассеянного рентгеновского излучения от монитора ПК рекомендуется использовать защитные фильтры (экраны).

Превышения уровня ионизирующего излучения

В ходе выполнения дипломной работы применялась рентгеновская матрица, которая испускает ионизирующее излучение. Под действием ионизирующего излучения развивается огромный спектр хронических и острых заболеваний, в том числе и лучевая болезнь.

Население делится на 3 категории:

категория А – персонал, постоянно или временно работающий с источниками ионизирующих излучений;

категория Б – ограниченная часть населения, которая по условиям размещения рабочих мест или по условиям проживания может подвергаться воздействию источников излучения;

категория В – население страны, республики, края и области

Таблица.15 Основные значения дозовых облучений.

Группа критических органов	Органы и ткани человеческого организма	ПДД для категории А, Зв/год	ПДД для категории Б, Зв/год
1	Все тело, гонады (половые органы), красный костный мозг	0,05	0,005
2	Любой отдельный орган, кроме гонад, красного костного мозга, костной ткани, щитовидной железы, кожи, кистей, предплечий, лодыжек и стоп	0,15	0,015
3	Костная ткань, щитовидная железа, кожный покров, кисти, предплечья, лодыжки и стопы	0,30	0,03

К защитным мероприятиям при использовании закрытых источников ионизирующего излучения относятся:

- уменьшение мощности источников до минимальных величин;
- сокращение времени работы с источниками;
- увеличение расстояния от источника до работающего;
- экранирование источников излучения;
- использование индивидуальных средств защиты, применяемых при работе с такими источниками;
- санитарная обработка обслуживающего персонала;
- личная гигиена.

5.2 Экологическая безопасность

Защита литосферы

Со временем персональные компьютеры приходят в негодность и их приходится утилизировать. Необходимо правильно утилизировать в специальных компаниях по утилизации, так как вредные вещества из персонального компьютера оказывают сильно загрязнение на литосферу.

По данным экспертов, в России ежегодно скапливается примерно 3,5 млн. тонн «компьютерных отходов».

В корпусах компьютеров и оргтехники, в печатных платах, в оплетке кабелей используется различного вида пластик, а также материалы на основе поливинилхлорида, фенолформальдегида и т. п. Выброшенные изделия из полимерных и композиционных материалов естественным путем практически не разлагаются, а при сжигании загрязняют литосферу опасными токсичными веществами.

Свинец, сурьма, ртуть, кадмий, мышьяк, входящие в состав электронных компонентов, опасны сами по себе. Некоторые из них под воздействием осадков и температурных перепадов со временем могут образовывать растворимые соединения, которые являются сильнейшими ядами. В одном 17-дюймовом ЭЛТ-мониторе может содержаться до 2 кг свинца.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- самовоспламенение и самовозгорание веществ.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- а) сотрудники лаборатории должны пройти противопожарный инструктаж;
- б) сотрудники обязаны знать расположение средств пожаротушения и уметь ими пользоваться;
- в) необходимо обеспечить правильный тепловой и электрический режим работы оборудования;
- г) пожарный инвентарь и первичные средства пожаротушения должны содержаться в исправном состоянии и находиться на видном и легко доступном месте.

В лаборатории имеются 2 огнетушителя марки ОУ-2 предназначены для тушения загорания различных веществ и материалов, за исключением щелочноземельных элементов, а также электроустановок под напряжением до 1000В. При тушении электроустановок, находящихся под напряжением, не допускается подходить к раструб ближе 1 метра до электроустановки и пламени.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации

Наиболее вероятными источниками ЧС природного характера на территории Томской области являются:

- сильный ветер и ураганы;
- наводнение;
- лесные пожары;
- эрозия почвы;
- обильные осадки (град, сильный туман).

Предупреждение о возможных ЧС, а также ликвидации их последствий их последствий занимается ГУ МЧС по Томской области.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Специальные правовые нормы трудового законодательства

1. К работе с радиоактивными веществами и ионизирующими излучениями допускаются только лица, достигшие 18 лет, которые прошли специальное медицинское обследование состояния здоровья и были признаны по результатам этого обследования пригодными к указанной работе. Беременные женщины к такого рода работам не допускаются.

2. Перед началом работы с радиоактивными веществами и ионизирующими излучениями в зависимости от технического и научного уровня и характера работ каждый работник должен пройти специальное обучение и сдать соответствующий экзамен по технике радиационной безопасности.

3. Все работы с радиоактивными веществами и ионизирующими излучениями должны проводиться в условиях строжайшего соблюдения правил радиационной безопасности и при наличии постоянного контроля со стороны лиц, ответственных за радиационную безопасность в данном учреждении.

4. В помещениях, где проводятся работы с радиоактивными веществами, запрещается:

- пребывание работников без необходимых средств индивидуальной защиты;
- хранение пищевых продуктов, табачных изделий, косметики, домашней одежды и других предметов, не имеющих прямого отношения к выполняемым работам;
- прием пищи, курение, пользование косметикой; забор радиоактивных веществ в пипетку с помощью рта (для этих целей используют специальные

приспособления). Кроме того, в каждой лаборатории, на каждом предприятии и на каждом участке работы должны строго соблюдаться местные правила радиационной безопасности, составленные на основе общих правил, но учитывающие конкретную специфику данной работы с радиоактивными веществами и ионизирующими излучениями.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место является первичным звеном производства, оно представляет собой определенный участок производственной площади цеха, предназначенный для выполнения одним рабочим порученной работы, специально приспособленный и технически оснащенный в соответствии с характером этой работы. От того, насколько правильно и рационально будет организовано рабочее место, зависит безопасность и производительность труда. Как правило, каждое рабочее место оснащено основным и вспомогательным оборудованием и соответствующим инструментом. Отсутствие на рабочем месте удобного вспомогательного или нерациональное расположение, захламленность создают условия для возникновения травматизма.

Рабочее место изображено на рис. 3. Оно укомплектовано необходимой оргоснасткой с учетом рекомендаций научной организации труда. В рабочее место входит: непосредственно детекторная матрица 1, металлическая дверь, которая предохраняет от ионизирующего излучения 2, стол, с расположенным на нем персональным компьютером 3.

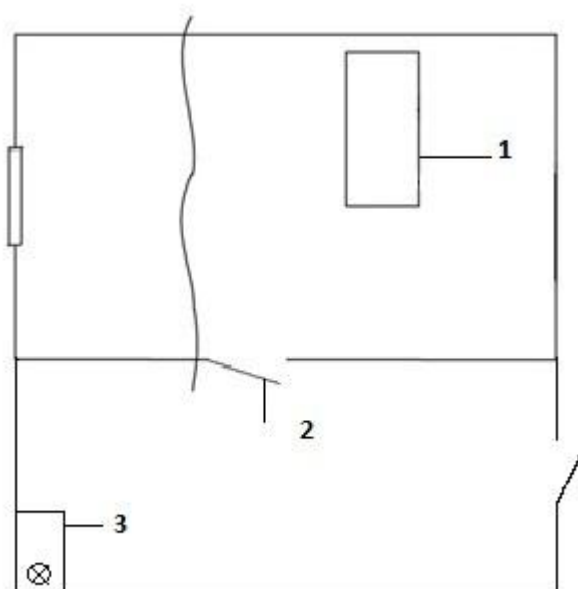


Рис.24 Рабочее место

Длительность рабочей смены не более 8 ч (480 мин); установление 2 регламентированных перерывов, учитываемых при установлении нормы выработки: длительностью 20 мин через 1- 2 ч после начала смены, длительностью 30 мин примерно через 2 ч после обеденного перерыва;

обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин примерно в середине смены. Регламентированные перерывы должны использоваться для активного отдыха и лечебно-профилактических мероприятий и процедур. Так же имеется комната психологической разгрузки.

Так как, оператору приходится выполнять кропотливую и требующую сосредоточенности работу, рекомендуется посменная работа по 6 часов в сутки. Таким образом, 4 оператора безостановочно выполняют контроль и процесс оценки состояния образцов может выполняться постоянно. На должность оператора необходимо брать специалиста по радиационному контролю.

Заключение

Таким образом в ходе эксперимента было произведено порядка 40 снимков композиционного материала, после обрабатывалось в специальной программе CamExpert и была получена сенситометрическая кривая, которая показывает на каком промежутке наиболее эффективно производить рентгеновские снимки. Тем самым можно ускорить процесс обработки изображений, повысить качество получаемых изображений и естественно обнаружение малых дефектов, которые было бы плохо видно или не были бы вообще замечены. Были изучены теоретические и практические знания цифровой радиографии, ознакомился с принципом работы с детекторной матрицей Shad-o-Box.

Список публикаций студента

1. М.С. Абрамов, Б.И. Капранов Оптимизация режимов цифровой радиографии для контроля изделий из полимерных композиционных материалов типа УУКМ //VI всероссийская научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», Томск 23-27 мая 2016.

Список использованных источников

1. Ключев В.В., Соснин Ф.Р. Теория и практика радиационного контроля : учебное пособие для студентов вузов – М.: Машиностроение, 1998.
2. Алхимов Ю.В., Ефимов П.В. Цифровые радиационные системы неразрушающего контроля; Томский политехнический университет 2012.- 151с.
3. Троицкий В.А., Карманов М.Н., Неразрушающий контроль качества композиционных материалов.
4. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Радиографический метод.
5. ОСПОРБ-99 Основных санитарных правил работы с радиоактивными веществами и другими источниками ионизирующего излучения.
6. Соснин Ф.Р. и др. Неразрушающий контроль: справочник в 7 т. / под общ. Ред. В.В. Ключева. Т. 1: в 2 кн. Кн. 1: Визуальный и измерительный контроль. Кн. 2: Радиационный контроль.- М.: Машиностроение, 2003.- 560 с.
7. Румянцев С.В., Шталь А.С., Гольцев В.А. Справочник по радиационным методам неразрушающего контроля / под ред. С.В. Румянцева.-М.: Энергоатомиздат, 1980.-240 с.
8. Кулешов В.К., Сертаков Ю.И., Ефимов П.В. Физические и экспериментальные основы радиационного контроля и диагностики.- Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 341 с.
9. Инструкция и техническое описание детекторной матрицы «Shad-o-Vox», руководство по эксплуатации.
10. Справочник по промышленной радиографии. Материалы фирмы «Кодак» / Фирма Аргус Лимитед. – М., 2009. – 48 с.
11. Научно – техническая ассоциация «Тестрон». Каталог продукции 2006 – 2007. – Радиографический и радиоскопический контроль. Часть 1: Рентгеновские аппараты.